

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA
LA ENSEÑANZA DE LAS ONDAS MECÁNICAS EN EL CENTRO INTERACTIVO
MALOKA.

CRISTIAN CAMILO ROJAS MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN

PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN FÍSICA

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN INVESTUD. CN

BOGOTÁ D.C. 2017

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA
LA ENSEÑANZA DE LAS ONDAS MECÁNICAS EN EL CENTRO INTERACTIVO
MALOKA.

CRISTIAN CAMILO ROJAS MARTÍNEZ

TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR POR EL TITULO DE LICENCIADO EN FÍSICA

DIRECTOR INTERNO:
FABIO OMAR ARCOS MARTÍNEZ
PROFESOR LICENCIATURA EN FÍSICA

DIRECTIR EXTERNO:
CARLOS JOEL PERILLA
JEFE DE APROPIACIÓN SOCIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MALOKA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN FÍSICA
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN INVESTUD. CN

BOGOTÁ D.C. 2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
1. MUSEO DE CIENCIA: UNA APUESTA A LA EDUCACIÓN NO FORMAL.	11
1.1 Museos y museología	11
1.2 Hablemos del rol de los museos de ciencias	11
1.3 Museos de ciencia en Colombia.....	15
1.4 ¿Qué es Maloka?.....	16
2. REFERENTES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE TALLERES EN TORNO A LAS VIBRACIONES Y ONDAS MECÁNICAS.	17
2.1 Referente físico en torno a las vibraciones y ondas	17
2.2 Perspectiva pedagógica para la construcción de los talleres	26
3. HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE TALLERES EN TORNO A LAS VIBRACIONES Y ONDAS.	30
3.1 Planeación y diseño de talleres.....	30
3.2 Construcción de los tres montajes experimentales.....	31
3.2.1 Taller 1. Barófono, la armonía del sonido. 31	
3.2.2 Taller 2. Péndulos danzantes, armonía del movimiento. 32	
3.2.3 Taller 3. Figuras de Chladni, armonía del sonido y el movimiento. 38	
4. TALLERES EN MARCHA.....	42
4.1 Aplicación de talleres al público general	43
4.1.1 Intenciones. 43	
4.1.2 Metodología. 44	
4.1.3 Actividades 44	
4.2 Aplicación de los talleres a mediadores	48
4.2.1 Intenciones. 48	
4.2.2 Metodología. 49	
4.2.3 Actividades 50	
5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .52	

6. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maloka, Ciencia, Innovación y Tecnología.....	16
Figura 2. Monocordio.....	18
Figura 3. Resultados de la superposición de una onda incidente y una reflejada.....	20
Figura 4. Patrones de oscilación o armónicos.....	21
Figura 5. Variación de la presión en función del tiempo para un armónico fundamental y varios armónicos simultáneos.....	22
Figura 6. Preeminencia de la intensidad de los armónicos de acuerdo al instrumento musical.....	23
Figura 7. Ecuaciones que describen el movimiento del péndulo simple.....	24
Figura 8. Experimento de Chladni.....	26
Figura 9. Pirámide de aprendizaje de Edgar Dale.....	28
Figura 10. Proceso para desarrollo de la metodología de aprendizaje activo.	29
Figura 11. Montaje experimental Barófono.....	32
Figura 12. Materiales para el desarrollo del taller Barófono. Bombas de aire y palos de bambú usados como baquetas.....	32
Figura 13. Bosquejo inicial del módulo “péndulos danzantes”.....	33
Figura 14. Pelotas plásticas rellenas de cemento y una armella en el orificio.....	33
Figura 15. Tercer prototipo péndulos danzantes.	34
Figura 16. Bosquejo del soporte de los péndulos y medidas entre ellos.....	37
Figura 17. Estructura en tubo PVC de 2”.....	37
Figura 18. Letrero del módulo “péndulos danzantes”.....	38
Figura 19. Generador de frecuencias, parlante de 40 W y placa metálica de 35×35cm.....	39
Figura 20. cajón de closet como recipiente para contener la arena que cae de la placa.....	42
Figura 21. Aplicación de actividad Péndulos danzantes a Público general.....	46
Figura 22. Aplicación del taller Figuras de Chladni a público general.....	47

Figura 23. Taller Figuras de Chladni.....	48
Figura 24. Explicación y comprensión.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación entre longitud de la cuerda y la nota producida.....	18
Tabla 2 Presupuesto para construcción del taller “Barófono”	32
Tabla 3 Cálculo de la longitud de los péndulos	35
Tabla 4 Cálculo definitivo de la longitud de los péndulos.....	36
Tabla 5 Valoración del módulo Péndulos danzantes.	54
Tabla 6 Valoración del taller Figuras de Chladni	55

Introducción

Actualmente la alfabetización científica al igual que la alfabetización normal ha tomado un valor indispensable en la sociedad, hoy además de saber sumar, restar, multiplicar, dividir y leer es necesario saber usar un celular o encontrar información por sí solo; además, la alfabetización juega un papel muy importante al desarrollar un sentido crítico frente a problemáticas relacionadas con el medio ambiente, la salud pública o la toma de decisiones frente a estos problemas. Es aquí donde los museos de ciencia juega un papel importante como divulgador de ciencia y tecnología convirtiéndose además de esto en un centro de educación informal; es decir, no solo el espacio institucionalizado o aula de clase formal será el lugar de enseñanza de la ciencia, ahora la escuela tendrá más que una contra propuesta educativa, un aliado para la enseñanza de las ciencias. Los museos además de ayudar a la comprensión del conocimiento científico brinda la posibilidad de experimentar de forma real lo que muchas veces se queda en la imaginación.

La tarea del los museos de ciencias es indispensable pues no limita su enseñanza a instituciones formales sino que enseña las ciencias a cualquier público que quiera aprenderlas. Es por esto que el aprendizaje en un museo de ciencia es personal, los conocimientos no son impartidos por un profesor sino que son construidos personalmente por medio de la experimentación y el contacto con los fenómeno de la ciencia y en algunas oportunidades, guiados por un mediador.

De acuerdo a esto, Maloka se constituye en un divulgador de la ciencia por medio de un museo interactivo de ciencia y tecnología, ubicado en la capital de Colombia. Se ha convertido en un clásico destino turístico para quienes visitan Bogotá, siendo de gran interés para las instituciones educativas formales pues permite ahondar en el conocimiento facilitando la experimentación y visualización de fenómenos científicos que no son comunes en estos espacios de educación. Maloka no solo es visitado por instituciones formales, también es del interés de un público general y allí es donde juega un papel importante en la divulgación de la ciencia y la tecnología permitiendo la interacción con la ciencia, presentándola de forma divertida y en muchos casos permitiendo que la ciencia sea aprendida por medio del juego.

En los museos de ciencia y en particular en Maloka se pueden desarrollar dos tipos de relaciones entre estos y el visitante; una donde el visitante explora lo existente, aprecia cada módulo y participa en cada actividad sin querer responder una pregunta, distinto a las visitas

con un objetivo, puede ser responder una pregunta, experimentar un tema específico o a aprender un tema específico. Estas relaciones son similares a las que se evidencian en una biblioteca donde una persona puede bien sea leer sobre cualquier tema de su interés o consultar un tema específico.

En aras de contribuir en el proceso de divulgación de la ciencia y formar mediadores en un área específica de la física se construye e implementa una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas en el centro interactivo Maloka, facilitando a los asistentes la comprensión del tema referente a las vibraciones y ondas. Con base en lo anterior, las actividades construidas e implementadas son distintas a las presentadas por Maloka en tanto son actividades que se piensan intencionalmente para desarrollar e interactuar con un grupo de personas, programada y direccionada por un mediador y que requiere de la participación de los participantes.

Con el fin de facilitar la enseñanza de las ondas como un fenómeno común en el diario vivir de toda persona se planea el desarrollo de algunas actividades que permitan la apreciación y experimentación de esta área de la física. Con el fin de hacerlo agradable y entendible a cualquier público, se propone construir un instrumento musical que pueda ser afinado por los visitantes, esto por medio del ajuste de la presión como variable física que permite la afinación del instrumento. El “Barófono” es el nombre dado a dicho instrumento el cual se trabaja a modo de taller permitiendo ahondar en la idea de sonido, frecuencia, tono, timbre y otras cualidades de las vibraciones y las ondas. La siguiente actividad que se propone es la organización de 12 péndulos no acoplados y ajustados a diferentes longitudes los cuales al oscilar se organizan en grupos para oscilar al “unísono” o describiendo el mismo movimiento. “Los péndulos danzantes” son un módulo que actualmente está exhibido en las salas interactivas de Maloka para el uso y manipulación de los visitantes; por último, se plantea el taller de las “figuras de Chladni” para visualizar la superposición de ondas lo que resulta ser aparte de muy atractivo, “sencillo” para explicar a un público no especializado.

Aunque los dos talleres y el modulo describen cualidades de la misma área de la física (las vibraciones y las ondas), se propone un hilo conductor el cual es la armonía, algo que es agradable al oído y en este caso también a la vista. El “Barófono” describe la armonía del sonido, la forma en que los sonidos se organizan para que sean de nuestro agrado y se diferencien del ruido, los “péndulos danzantes” describen la armonía del movimiento o la forma en que se organizan los péndulos para ver un movimiento ordenado y por último las

“figuras de Chladni” que son una combinación de la armonía del sonido y el movimiento, el efecto que producen ciertos sonidos (frecuencias) sobre la materia para exteriorizarse y visualizarse como la organización de muchas partículas en patrones definidos.

Con ayuda de la propuesta didáctica se busca facilitar la apreciación de los fenómenos físicos y los conceptos que los caracterizan como por ejemplo el sonido, la frecuencia, el periodo, la superposición de ondas, entre otros; todo esto basado en una metodología que busca fundamentalmente la interacción entre el sujeto y los fenómenos de la ciencia.

Para asegurar la enseñanza del campo de las vibraciones y las ondas es necesario asegurar que los mediadores han comprendido las ideas que se enseñaron sobre dicho campo. Es común encontrar en el centro interactivo infografía que arriesga verdad por sencillez. En aras que el público entienda el funcionamiento y fenómeno que expone cierto artefacto se hace una infografía con principios de transposición didáctica, usando un lenguaje sencillo y no especializado, el problema no es usar un lenguaje no especializado sino es usar el lenguaje sencillo e incorrecto que distorsione la verdad y que no explique la forma y conceptos correctos. En este caso no se requiere de infografía pero si de una construcción acertada del conocimiento, que sea presentado el fenómeno físico con un lenguaje entendible por todos pero a la vez el lenguaje correcto en términos de definición y significado.

Teniendo en cuenta que la gran mayoría de mediadores son estudiantes de todo tipo de carreras, desde artes hasta ciencias e ingenierías, es de vital importancia la labor realizada por el profesor de física, ya que es este quien forma mediadores que interactúan con el público mediante estrategias que facilitan dicha mediación, una de ellas es el uso de un lenguaje no técnico pero que exprese la realidad de los fenómenos físicos asegurando que los conceptos sobre estos fenómenos sean correctos.

El presente trabajo además contiene un análisis de la labor de los museos de ciencias como divulgador científico y ayuda indispensable para la educación formal estando Maloka dentro de este grupo de educación informal y centro de enseñanza relevante en Colombia.

En cuanto al modelo, la forma o método que se usa para la divulgación de la ciencia, los museos de ciencia y en particular Maloka se basan en una metodología de aprendizaje activo en la cual el público es un personaje dinámico en el proceso de aprendizaje y es el público motivado por la participación quien se compromete con dicho proceso para llegar a un aprendizaje significativo.

La exposición de una temática por parte de un docente en los museos de ciencias es descartada, es el estudiante quien apprehende los fenómenos científicos mediante la duda, los imaginarios, las hipótesis y la interacción con los mismos.

Con base a los altos porcentajes de efectividad que tiene el hacer y decir en el proceso de aprendizaje, se usa la metodología de aprendizaje activo para el desarrollo de los talleres y el módulo que compone la propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas. Aquí radica la necesidad principal, la formación a mediadores para continuar divulgando el área de las vibraciones y las ondas.

Siendo las vibraciones y las ondas el área de la física trabajado por medio de las actividades se describen las ideas y conceptos claves en torno a dicha área. Las concepciones históricas acerca de la armonía y la música como elemento esencial para el estudio de la matemática establecen la línea de trabajo, la armonía será el eje central y la música el pretexto para la enseñanza de las vibraciones y las ondas mecánicas.

Puesto que el universo es armónico, debe haber relaciones matemáticas que lo establezcan así y es Pitágoras quien prueba esto. La composición, al igual que la formación del universo está dada por relaciones de quintas y octavas hablando en términos musicales, de esta forma es posible calcular las frecuencias de las notas de la escala musical. Además de este contexto histórico y partir de las actividades realizadas, se plantea una guía para el entendimiento de ideas tales como la frecuencia, periodo, oscilación, superposición de ondas, entre otras.

En la sección de realización de actividades se describe el porqué de esta área de trabajo y la planeación de las tres actividades, seguido del diseño y construcción de las mismas, ahondando en detalles de evolución, prototipos, correcciones, dificultades, presupuestos y resultados.

Luego de la realización y construcción de actividades se explica el proceso para el desarrollo de las mismas tanto para el público como el proceso de formación a los mediadores.

La recolección de información evidencia los beneficios de la educación no formal en el proceso de alfabetización científica y tecnológica además de la contribución a los procesos institucionalizados.

La recolección de información con respecto a las actividades aplicadas tenía por objetivo evaluar diferentes aspectos de estas, explicación, funcionalidad, apariencia, entre otras. En

esta sección se presentan las evaluaciones hechas por público general, mediadores y las consideraciones respecto a los talleres y metodología empleada.

Por último, las conclusiones y reflexiones manifiestan el aporte de la pasantía a la carrera y en especial a la tarea como educador.

1. Museo de ciencia: una apuesta a la educación no formal.

1.1 Museos y museología

El comité Internacional de Museos “Reconoce la cualidad de museo a toda institución permanente que conserva y presenta colecciones de objetos de carácter cultural o científico con fines de estudio, educación y deleite” (Hernández, P88), esta idea de museo es replanteada en 1974 afirmando que el museo es una “institución permanente sin fines lucrativos, al servicio de la sociedad que adquiere, conserva, comunica y presenta con fines de estudio educación y deleite testimonios materiales del hombre y su medio” (Hernández, P88), incluyendo así lugares de conservación y exposición, lugares de monumentos arqueológicos, etnográficos y naturales, lugares de exhibición de seres vivos como zoológicos, jardines botánicos, acuarios, entre otros, parques naturales, planetarios y centros científicos. (Hernández, P88). Con base en lo anterior, los museos pueden ser catalogados entre otras cosas por su intencionalidad comunicativa en museos contemplativos (el público no tiene recursos para comprender el significado de lo que aprecia), museos informativos (posibilita el entendimiento y aprendizaje respecto a una exhibición) y museo didáctico (suscitan la participación). (Ministerio de educación, Argentina). Dentro de estos grupos se encuentran los distintos tipos de museo catalogados según su enfoque o disciplina, algunos de estos son: Museos de arte, de historia, de ciencias naturales, de ciencia y técnica, de antropología, entre otros.

Por otro lado, la museología es definida por el ICOM como la ciencia del museo que estudia el papel de los mismos en la sociedad y los procesos de educación adelantados por los museos. (Hernández, P90).

1.2 Hablemos del rol de los museos de ciencias

En la actualidad se han desarrollado gran cantidad de espacios de educación no formal puesto que la educación formal no puede ser el único constituyente de formación académica y la

escuela no puede ser el único proceso educativo de un individuo. Algunos de estos lugares de educación no formal pueden ser los medios de comunicación, los medios electrónicos, parques temáticos, museos, entre otros; Todos estos, han ayudado en el proceso de educación informal y han permitido difundir la ciencia en particular.

Los museos, son considerados espacios de experiencias enriquecedoras de aprendizaje y socialización (Parque Explora. 2013) convirtiéndose en una fuente valiosa de recursos educativos.

La RAE define un *Museo* como: *Edificio o lugar destinado al estudio de las ciencias, letras humanas y artes literales*, es común pensar en un museo únicamente como un lugar en el que se exhiben piezas con algún valor cultural o material (lo que constituye algunas de las definiciones dadas también por la RAE) pero esta definición permite concebir el museo como un espacio de enseñanza y aprendizaje con metodologías orientadas a la enseñanza de ideas por medio de la exhibición de módulos que permiten la manipulación y experiencia directa de los individuos.

Con base en lo anterior, es necesario pensar que no solo es en el aula escolar donde se produce una enseñanza y se apropian conocimientos, la educación no formal e informal son indispensables en el proceso de aprendizaje; Es decir, la actividad no institucionalizada desarrollada con fines de aprendizaje específicos (educación no formal) y la forma en que naturalmente se adquieren conocimientos a partir del diario vivir (educación informal) constituyen hoy en día un papel indispensable en el proceso de enseñanza y divulgación de las ciencias.

Los museos de ciencia son elementos importantes en el proceso de educación no formal e informal pues cumplen el objetivo de presentar de forma clara y sencilla los constituyentes temáticos de las ciencias a un público no especializado, dando énfasis en la aplicación cotidiana y estimulando procesos críticos, análisis, evaluación, construcciones y planteamientos de hipótesis.

En el museo no aplica la idea del aprendizaje como un proceso que implica el traspaso de conocimientos de cabeza a cabeza sino que es la máxima participación la que produce los máximos resultados (Hendricks. 2003); en términos de aprendizaje, ahora el individuo aprende al experimentar, al entrar en contacto con el fenómeno o concepto expuesto y plantear sus propias ideas acerca de estos. Es por esto que el proceso de aprendizaje dentro del museo no es guiado ni mucho menos obligado, es un proceso personal y libre, fruto de la

experimentación, la curiosidad e imaginación. Y puesto que el aprendizaje en el museo es personal, está influenciado por el contexto personal (preconceptos, motivaciones, expectativas), contexto sociocultural y el contexto físico (asociado a la atmosfera del museo) (Parque explora. 2013).

Siendo el museo un espacio de educación no formal se constituye en un elemento de contribución a la tarea de formación realizada por la escuela; además, el enfoque del museo y los recursos, facilitan al docente la enseñanza de algunos temas, permitiendo la visualización y experimentación directa de algunos fenómenos de la ciencia, lo cual no es fácil realizar en el aula escolar y sí crean un impacto sobre el alumno permitiendo una aprehensión más natural de conceptos. Esto es usado por los maestros para motivar a los estudiantes y para enseñar con más facilidad temas que por algún motivo serían difíciles de enseñar en el aula. Esto es útil en tanto el maestro y la clase tienen un objetivo con la visita al museo. Esta visita entonces se hará más fructífera cuando es preparada de antemano y los estudiantes tienen en mente algunas ideas o preconceptos que serán tratados en el museo. Ya en el museo, es necesario recalcar esos conceptos que de antemano se trabajaron en clase suscitando a la participación por medio de la formulación de preguntas y problemas, esta metodología no solo tendrá efecto en términos cognitivos sino también en cambios actitudinales orientados al aprendizaje autónomo (Parque explora. 2013).

El museo y su tarea en la divulgación de la ciencia y la alfabetización científica pierden valor al ser subvaloradas por el pensamiento de que la visita a un museo es una excursión o paseo; es común este pensamiento en las escuelas y en parte la culpa recae sobre el docente que considera la visita a un museo como un tiempo de descanso en el que no tiene que dictar la clase habitual o peor aún, un día libre. Es por esto que la visita a un museo debe tener objetivos pedagógicos claros, una preparación de los visitantes (previa a la visita) y un seguimiento posterior a esta; de esta forma, se aprovecha al máximo la visita al museo motivando, estimulando y consolidando el aprendizaje.

Las actividades que se pueden realizar en el museo en relación con la experimentación de la ciencia ayuda como ya se ha mencionado, tanto en la comprensión del conocimiento científico, como en la posibilidad de experimentar personalmente la ciencia y dotar de herramientas para la investigación científica, esto es lo que María del Carmen Sánchez llama “Aprender ciencia, aprender acerca de la ciencia y aprender a hacer ciencia” (Parque explora. 2013). Todo esto se logra mediante el estímulo de la interactividad manual, colocando al

alumno en los zapatos del científico, la interactividad mental, al relacionar y asociar a la vida cotidiana, e interactividad cultural (Birulés, M. 2001).

El museo además de ser elemento indispensable para la educación formal, cumple también un papel importante en el proceso de alfabetización científica pues no solo las instituciones formales visitan museos sino que personas del común también hacen parte del listado de visitantes de museos de ciencia.

Quienes defienden la necesidad de la alfabetización científica apelan a argumentos como el hecho de que los conocimientos científicos ayudan a la sociedad a desenvolverse mejor en una cultura plagada de tecnología y ciencia; es decir, es análogo a la alfabetización común, pues una persona que sepa leer, escribir y resolver las operaciones matemáticas más básicas sin lugar a duda se desenvolverá con muchísima facilidad comparado con una persona analfabeta. Este mismo argumento es usado por quienes no consideran necesaria la alfabetización científica al plantear que para usar la gran mayoría de elementos tecnológicos no se requiere saber la forma en que estos operan, ni mucho menos sus componentes y estructura. (Gil, D. Vilches, A. 2006.). En lo que sí es seguro puede contribuir la alfabetización científica es en el aporte de conocimientos para que la sociedad pueda acceder a la información de forma personal. (Parque explora 2013)

Otro argumento a favor de la alfabetización científica es la necesidad de un nivel de conocimientos científicos para hacer frente a problemas ambientales y de salud pública; por un lado, crear un sentido crítico frente a problemas relacionados con el futuro del planeta, la contaminación, las especies en vía de extinción, los cambios climáticos, entre otros, suscitando un cambio personal y el desarrollo de actitudes que contribuyan al cuidado del ambiente. Por otro lado, se dota de herramientas necesarias a la hora de enfrentar una catástrofe, epidemias, terremotos etc.

Los divulgadores de la ciencia tienen entonces la responsabilidad de comunicar el conocimiento científico a un público que en teoría no conoce acerca de la ciencia, y más que esto, debe hacerlo de forma clara. Aquí es necesaria la trasposición didáctica, hacer del conocimiento científico con todo y su lenguaje especializado, un conocimiento que pueda ser digerido por un público general. Muchas veces los museos dan prioridad a generar un conocimiento científico agradable y atractivo al público y se desvían de la verdad que es necesaria enseñar, difuminando la idea y en ocasiones perdiendo de vista la idea central que se debe comunicar.

En esta medida, el museo como divulgador de la ciencia cumple las siguientes funciones:

Informar: acerca del desarrollo de la ciencia y la convivencia con la sociedad, la cultura, la economía, etc., además de lo anterior, debería suscitar relaciones entre la sociedad y el científico para reconocer el entorno que rodea al científico y que este estimule y apoye el trabajo del científico; así, se da un reconocimiento de la diversidad cultural de una sociedad. La divulgación de la ciencia, además de evidenciar las relaciones sociales y culturales con la ciencia también debe mostrar a la sociedad la aplicabilidad en el área productiva y el avance de la tecnología

Educar: Sin pretender reemplazar la tarea de la escuela, la divulgación científica tiene fines pedagógicos y se convierte en complemento de la educación formal. En términos pedagógicos y de acuerdo a lo anterior, lo que distingue a un museo de una escuela es básicamente que en el museo no se limita el aprendizaje a un proceso meramente cognitivo sino que estimula la creación, la búsqueda de respuestas, la imaginación, el juego, el análisis, entre otros. En estos procesos se elimina la idea de respuestas correctas para permitir cuestionar y criticar las teorías. Al hacer estas distinciones no estamos poniendo en extremos el aula escolar y los museos de ciencia, por el contrario y como ya se ha mencionado, los museos de ciencias son complemento al proceso realizado en el aula y complemento para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Con base a lo anterior la tarea del museo no se centra únicamente en un público escolar sino que su tarea debe incluir a cualquier persona, de cualquier edad, género, nivel de educación, cultura, nivel económico, para así formar a la sociedad y crear una cultura científica.

1.3 Museos de ciencia en Colombia

Existe gran variedad de museos en Colombia, los más representativos y distinguidos son: Museo Nacional (Bogotá), Museo del Oro (Bogotá), Museo Botero (Bogotá), Museo de Arte Moderno de Medellín, Museo Naval (Cartagena), Museo del Oro Zenu (Cartagena), Museo de la Caña de Azúcar (Cali), entre otros.

Aunque la cantidad de museos de ciencias no se compara con el número de museos de exhibición asociados a otras disciplinas, el número está creciendo con el tiempo. Para nombrar algunos, Colombia cuenta con el Museo de la Ciencia y el Juego (Bogotá), el Parque Explora (Medellín), Jardín Botánico (Bogotá), el Planetario Distrital (Bogotá), Maloka (Bogotá), entre otros.

El Parque Explora es uno de los museos de ciencia más importantes del país, creado en 2008 es un centro interactivo que adelanta la labor de divulgación de la ciencia y la tecnología en Medellín y a visitantes. En Bogotá es de resaltar la labor del Planetario Distrital en el proceso de divulgación de la ciencia y en especial la astronomía, adelantando procesos de educación no formal desde 1969.

1.4 ¿Qué es Maloka?

Algunas tribus indígenas consideran “maloca” al espacio de formación del ser, un lugar donde se recrea el orden del cosmos y se limpia el corazón y el espíritu. Con base a estos ideales se piensa Maloka, “como un sitio de encuentro, de recreación y descanso para colombianos y habitantes del mundo; en Maloka, el ser humano, su pensamiento y su actividad están en cada uno de sus rincones; Maloka es el universo, donde conocimiento y recreación se conjugan en una sola actividad” (Balance social, Maloka, 2016).



Figura 1 Maloka, Ciencia, Innovación y Tecnología. Museodata.com, Recuperado de <http://www.museodata.com/museos/74-colombia/601-maloka.html>

La finalización de la construcción de la infraestructura de Maloka fue en 1998, a 10m de profundidad se construyó un área de 10.000 metros cuadrados y una plazoleta de 7.000 metros cuadrados, sobre un lote de un tamaño de 20.000 metros cuadrados. El costo inicial de la obra civil fue de \$ 9.000'000.000 y el costo total incluyendo contenidos de \$ 18.900'000.000. Dicha construcción recibió cinco premios de diseño en 1999, por la sala del universo, la imagen corporativa, la recepción, la plaza principal y la señalización.

En 1997 se terminó el diseño de las salas. Los primeros visitantes fueron recibidos el 8 de octubre con la apertura del cine Domo y el 4 de diciembre se inauguró de forma oficial.

En 1999 están en funcionamiento 9 salas: Sala de niños y niñas, sala de la ciudad, sala de la tecnología: petróleo y telecomunicaciones, sala de la vida, sala de electricidad y magnetismo, sala de moléculas en movimiento, sala del universo, sala del ser humano y sala de la biodiversidad.

El Cine Domo es considerado el corazón de Maloka, con una capacidad para 314 personas, tiene una altura de 16m y un diámetro de 22m.

Dentro de las políticas que rigen el trabajo en Maloka está la excelencia, los procesos de evaluación en sus procesos, asegurarse del cumplimiento de misión y objetivos, fortalecer los programas de ciencia y tecnología dentro de la educación formal, ser el expositor de los aportes del país en términos de ciencia y tecnología, incentivar a la divulgación de la ciencia, brindar las capacitaciones necesarias al personal de trabajo, diseño de programas y proyectos, crear un espacio interdisciplinario en que el que se evidencien además de los resultados los procesos y metodologías de la investigación científica, incentivar la capacidad crítica de los ciudadanos, ofrecer espacios para la exposición de otras áreas, entre otras; así, Maloka se constituye en un elemento clave en el proceso de alfabetización científico-tecnológica en Colombia, desarrollado por la asociación colombiana para el avance de la ciencia fruto de la necesidad de un elemento de difusión de la ciencia.

2. Referentes para el diseño, construcción y ejecución de talleres en torno a las vibraciones y ondas mecánicas.

2.1 Referente físico en torno a las vibraciones y ondas

Antiguamente se afirmaba que la distancia de separación entre los planetas establecía lo que hoy conocemos como intervalos musicales, por lo que cada planeta sería entonces una nota musical y todo el sistema junto formaba lo que se conoce como armonía de las esferas.

La música celestial o la armonía de las esferas está regida por la matemática y es Pitágoras quien establece esta relación al experimentar con la tensión de una cuerda.

En la antigua Grecia se asociaba la armonía con la belleza y el orden, una circunferencia se consideraba la mejor figura y la esfera el mejor cuerpo por lo que los astros por sus formas y sus orbitas eran un sistema ordenado y perfecto, es decir, armónico y dicha armonía es analizada a partir de la música.

Pitágoras aseguraba que el mundo era regido por relaciones numéricas y sería el experimento con la longitud de una cuerda lo que probaría su teoría. El Monocordio (*Figura 2*) consistía en una sola cuerda cuya longitud era variada para generar distintos sonidos y establecer sus relaciones en función de la longitud.

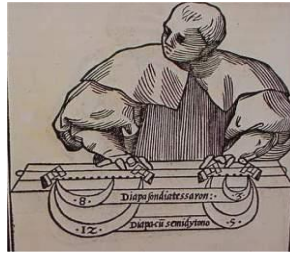


Figura 2 Monocordio. “Acústica para músicos” por Berminguez, 2013, Recuperado de <https://berminguez.wordpress.com/tag/pitagoras/>

Pitágoras encontró pares de sonidos armónicos con relaciones entre las longitudes; por ejemplo, al pulsar la cuerda en su longitud original y luego pulsarla siendo la longitud de la cuerda la mitad de la longitud base se producía lo que hoy se conoce como la “octava” del primer sonido; Esto es, un sonido al doble de la frecuencia de la tónica o sonido inicial.

Cuando la cuerda medía $\frac{2}{3}$ de la longitud original, el sonido que se producía con respecto a la tónica (Sonido que se produce con la longitud plena) era $\frac{3}{2}$ de la frecuencia o lo que se conoce como quinta.

La última relación numérica sencilla que se encontró fue al dividir la cuerda $\frac{3}{4}$ de la longitud original, el sonido producido era $\frac{4}{3}$ la frecuencia del sonido original o lo que hoy se conoce como un intervalo de cuarta. Estos resultados se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 1
Relación entre longitud de la cuerda y la nota producida.

Nota	Frecuencia	Longitud
Tónica (original)	f	L
Octava	$2f$	$\frac{1}{2} L$
Quinta	$\frac{3}{2} f$	$\frac{2}{3} L$
Cuarta	$\frac{4}{3} f$	$\frac{3}{4} L$

Si suponemos que la tónica es DO, la quinta será SOL, la cuarta FA y la octava será un DO una octava más alto.

Platón influenciado por la escuela pitagórica aseguraba que el Creador para formar y ordenar toda la creación se basó en intervalos de quinta y octava y en efecto, el proceso para

encontrar la frecuencia del restante de notas musicales que pertenecen a la escala musical se basa en quintas y octavas de las notas ya calculadas:

○ *Segunda*

Lo primero es encontrar la quinta de la quinta cuya frecuencia es $3/2 f$:

$$\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{9}{4} f$$

Como el objetivo es encontrar las notas que estén dentro del rango de frecuencias de una octava, es decir f y $2f$ y esta nota es mayor a $2f$, se busca esta misma nota pero una octava abajo de la frecuencia encontrada, es decir, **$9/8f$** .

Se procede calculando la quinta de la segunda para encontrar la sexta:

○ *Sexta*

$$\frac{3}{2} \times \frac{9}{8} = \frac{27}{16} f$$

Ahora la quinta de la sexta para encontrar la tercera

○ *Tercera*

$$\frac{3}{2} \times \frac{27}{16} = \frac{81}{32} f$$

Nuevamente el valor de la frecuencia encontrada es mayor que $2f$ por lo tanto se toma la frecuencia una octava abajo, es decir: **$81/64f$**

Por último se calcula la quinta de la tercera para hallar el valor de la séptima:

○ *Séptima*

$$\frac{3}{2} \times \frac{81}{64} = \frac{243}{128} f$$

Así, la música es considerada una disciplina íntimamente relacionada con la matemática y la astronomía e indispensables en la enseñanza, considerado así en el Quadrivium (4 de las 7 artes liberales comprendidas por la aritmética, geometría, astronomía y música).

Para el pleno entendimiento de la relación entre matemática y música es necesaria la comprensión de algunos conceptos propios de la física.

Cuando una onda viaja por un medio y encuentra un obstáculo esta se refleja, cambia la dirección del movimiento y lo hace con la misma frecuencia, amplitud y longitud de onda, de modo que habrá ondas viajando una hacia otra al encuentro interaccionando de acuerdo al principio de superposición de ondas. La superposición puede surtir principalmente 2 efectos, una interferencia constructiva y una interferencia destructiva.

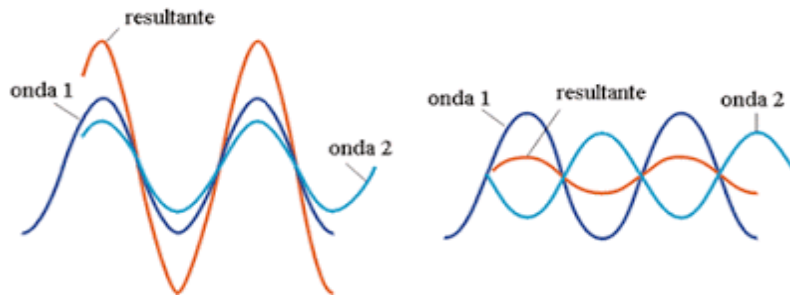


Figura 3 Resultados de la superposición de una onda incidente y una reflejada. “Acústica musical”, M. Quintanilla, 2010, Recuperado de <http://cpms-acusticamusical.blogspot.com.co/2010/03/superposicion-e-interferencia.html>

Cuando la onda incidente se encuentra con la onda reflejada y entre las dos no hay algún desfase entre sus crestas y valles las ondas se suman dando como resultado una onda cuya amplitud es la suma de la onda incidente con la reflejada.

La función de la onda incidente se expresa por medio de la expresión:

$$y_1 = A \text{ sen } (kx - \omega t)$$

Donde A es igual a la amplitud de la onda, k representa el número de onda, ω representa la frecuencia angular, x es igual a la posición y t es el tiempo. Y la función de la onda es:

$$y_2 = A \text{ sen } (kx - \omega t + \phi)$$

Donde ϕ representa el desfase con respecto a la onda y_1 .

Si el desfase entre ambas ondas es $\phi = 0$ (como lo representa la Figura 3 de la izquierda), se tiene al sumar ambas ondas el siguiente resultado:

$$Y = y_1 + y_2$$

$$Y = A \text{ sen } (kx - \omega t) + A \text{ sen } (kx - \omega t + \phi)$$

$$Y = A \text{ sen } (kx - \omega t) + A \text{ sen } (kx - \omega t)$$

$$Y = 2A \text{ sen } (kx - \omega t)$$

El otro caso es cuando el desfase ϕ entre la onda incidente y reflejada es diferente de cero, las ecuaciones que describen las ondas son:

$$y_1 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \phi)$$

Suponiendo que la cresta de una onda coincide en el mismo punto con el valle de la otra, el desfase entre las dos ondas es π , de modo que la función de la onda reflejada y_2 se reescribe:

$$y_2 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \pi)$$

$$y_2 = -A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

Al sumar la onda incidente y_1 con la onda reflejada y_2 se tiene por resultado:

$$Y = y_1 + y_2$$

$$Y = A \operatorname{sen}(kx - \omega t) + [-A \operatorname{sen}(kx - \omega t)]$$

$$Y = 0$$

Quiere decir que las ondas se anulan dando como resultado algo similar a lo que muestra la figura 3 de la derecha.

Dependiendo de las frecuencias de las ondas se formarán patrones de oscilación con nodos o puntos en los que las ondas se superponen y se anula, y vientres o antinodos en los que la superposición de las ondas produce una interferencia constructiva. Así se producen lo que se llaman armónicos:

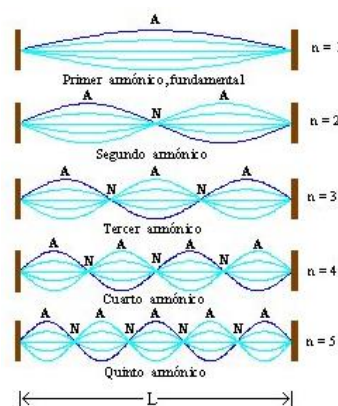


Figura 4. Patrones de oscilación o armónicos. “Armónicos” por G. Mercedes, 2011, Recuperado de <https://mgmdenia.wordpress.com/2011/11/27/armonicos/>

En música, se denominan “armónicos artificiales” a los que se representan en la figura 4. Los armónicos naturales son las frecuencias que se producen junto con el armónico fundamental para dar un timbre característico a cada instrumento musical mientras que los armónicos artificiales son aquellos que se generan de forma independiente; es decir, es la frecuencia del armónico la que predomina. Cuando se pulsa una cuerda en una guitarra será mayor la amplitud del armónico fundamental y aunque aparentemente este es el único sonido, en realidad el armónico fundamental está acompañado por algunos armónicos cuyas amplitudes son menores a medida que aumenta el número de nodos por lo que algunos se hacen inaudibles. Son el armónico fundamental junto con los armónicos que le acompañan lo que permite distinguir un instrumento de otro. Dos instrumentos distintos pueden generar la misma nota y aunque ambas tienen el mismo tono, son percibidos como sonidos totalmente diferentes, esto se debe a los armónicos que acompañan el fundamental. Si todos los instrumentos musicales hicieran sonar solo el armónico fundamental, entonces todos los instrumentos sonarían igual y no habría distinción. La representación gráfica de la variación de presión en función del tiempo para el armónico fundamental se vería como una función sinusoidal mientras que para el armónico fundamental acompañado de algunos armónicos se verían como lo muestra la figura 5.

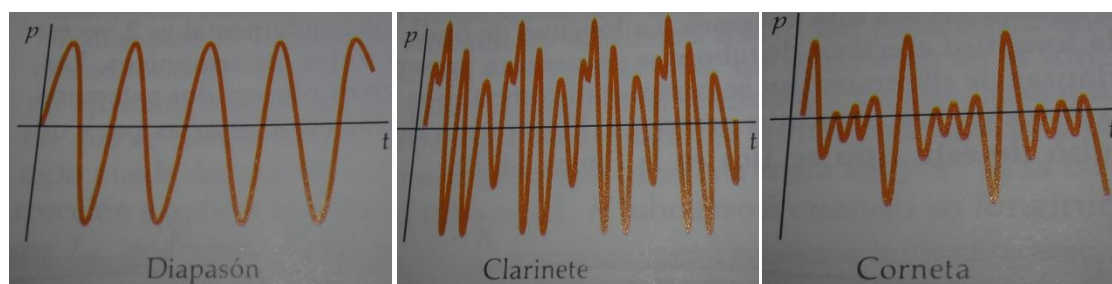


Figura 5. Variación de la presión en función del tiempo para un armónico fundamental y varios armónicos simultáneos. En Física Tercera Edición, (P. 458) (Fotografía), Por P.A. Tipler, 1992, Editorial Reverté S.A.

La diferencia del timbre entre instrumentos se debe a la intensidad relativa de los armónicos que produce cada instrumento. Mediante el análisis armónico o de Fourier es posible descomponer el sonido en sus diferentes armónicos los cuales siempre serán múltiplos enteros de la frecuencia del armónico fundamental.

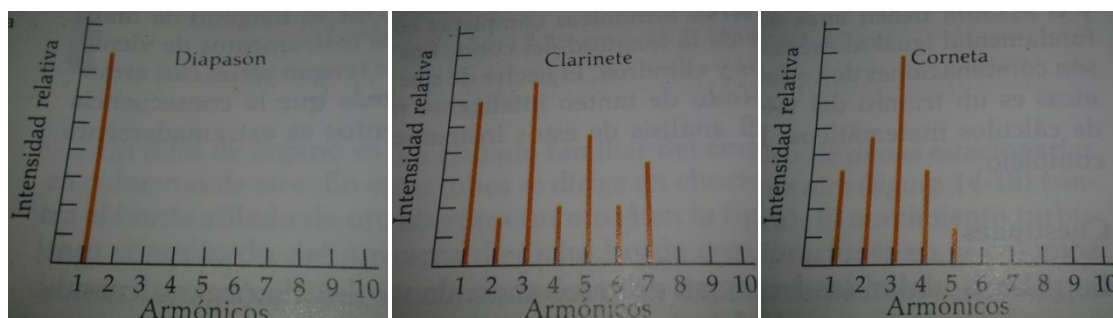


Figura 6. Preeminencia de la intensidad de los armónicos de acuerdo al instrumento musical. En Física Tercera Edición, (P. 458) (Fotografía), Por P.A. Tipler, 1992, Editorial Reverté S.A.

Resumiendo, El sonido característico de cada instrumento es dado por la intensidad relativa de los armónicos que el instrumento genera y estos dependen de la forma del instrumento, modo en que se toca, entre otras variables. Por ejemplo, en el Barófono, el sonido del primer armónico se ve aplacado por la intensidad de uno de los armónicos, por eso, se afina con base al armónico que prima y no sobre el primer armónico. Para afinar el Barófono al igual que cualquier otro instrumento se tiene en cuenta la frecuencia del sonido que genera, en el caso del Barófono se afina mediante la frecuencia del armónico que prima.

La frecuencia puede definirse como la cantidad de eventos que ocurren en determinado tiempo y en física la unidad de medida de la frecuencia son los Hertz (Hz) que indican el número de oscilaciones en un segundo, es decir, 20 Hz equivalen a 20 oscilaciones en un segundo. Para el caso de la nota LA, la frecuencia es 440 Hz, es decir, 440 oscilaciones de la cuerda del piano asociada a la quinta tecla blanca después del DO.

$$1\text{Hz} = \frac{1 \text{ osc}}{1 \text{ s}}$$

Una oscilación indica un movimiento periódico o repetitivo alrededor de un punto de equilibrio. En el caso de un parlante, este vibra, sube y baja a partir de un punto medio o de equilibrio. Al sonar una frecuencia de 2000 Hz el parlante sube y baja completando una oscilación o ciclo 2000 veces en un segundo, es una rapidez muy alta como para poder observarlo.

La frecuencia también está relacionada con el tiempo que tarda en completarse un ciclo u oscilación

$$f = \frac{1}{T}$$

De igual forma es posible calcular el periodo de oscilación o tiempo en que se desarrollan una o cierta cantidad de oscilaciones y esto mediante la frecuencia

$$T = \frac{1}{f}$$

En relación con el sonido, la frecuencia es lo que caracteriza a un sonido como agudo o grave, si la frecuencia es alta el sonido será grave mientras que si la frecuencia es baja el sonido será catalogado como grave.

El sonido es una onda que necesita de un medio para desplazarse, es decir es una onda mecánica, produciendo variaciones en la presión del aire las cuales llegan al oído y son caracterizados según el tono, timbre o volumen.

Las variaciones de presión que genera un parlante al transmitir energía a las partículas de aire alrededor, se desplazan hasta el oído haciendo vibrar el tímpano y los huesos que componen el oído humano (yunque, martillo y estribo). A través de la cóclea se transfiere el movimiento de estos tres huesos la cual convierte la vibración en señales nerviosas siendo interpretadas por el cerebro como sonido y catalogando su tono (definir un sonido como grave o agudo), intensidad (asociado al volumen) y timbre (distinguir la procedencia del sonido).

En el caso de los péndulos se inician los cálculos con el supuesto de que uno de ellos completa 30 oscilaciones en 1 min es decir que la frecuencia equivale a $f = 0,5Hz$ pues desarrolla media oscilación en 1s y el periodo de cada oscilación es 2s.

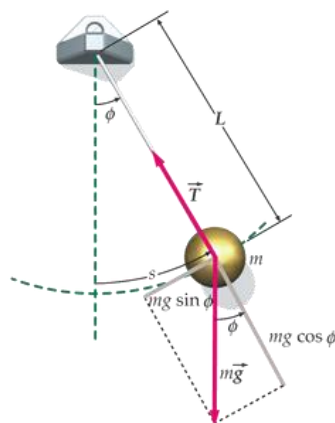


Figura 7. Ecuaciones que describen el movimiento del péndulo simple. "Péndulo simple", (2013) Recuperado de: <http://forum.lawebdefisica.com/threads/31965-P%C3%A9ndulo-simple>

El cálculo de las longitudes de los péndulos parte de las ecuaciones que describen este movimiento. Al hacer la sumatoria de fuerzas con base a la Figura 7 se tiene que:

$$\sum \vec{f}_x = m\vec{a}$$

$$-\vec{w}_x = m\vec{a}_x$$

La única fuerza sobre el eje x es la componente del peso y esta será igual a la masa por la aceleración (Tangencial) de acuerdo a la segunda ley de Newton.

$$-mg \sin \theta = m\ddot{s}$$

Siendo s la longitud de arco e igual a $L\theta$

$$-mg \sin \theta = mL\ddot{\theta}$$

$$L\ddot{\theta} + g \sin \theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin \theta = 0$$

Haciendo la aproximación a ángulos pequeños $\sin \theta = \theta$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \theta = 0$$

Donde $\frac{g}{L}$ se define como ω^2 .

El periodo además se define como $T = \frac{2\pi}{\omega}$ de modo que puede reescribirse como:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Donde se puede despejar L para realizar el cálculo de la longitud de los péndulos a partir de la ecuación:

$$L = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$$

Siendo la armonía el emblema de las actividades desarrolladas, se propone el Barófono como un taller que describe la armonía de los sonidos, los Péndulos danzantes describen la armonía del movimiento y por último las figuras de Chladni que se constituye como una combinación de los dos anteriores, la armonía de los sonidos que permiten visualizar la armonía del movimiento.

La cimática es un área de la física que se centra en el estudio de las formas visibles del sonido o la forma en que el sonido afecta la materia. Es común creer que el sonido se percibe por medio del sentido auditivo y en ocasiones por medio del tacto, pero es poco usual creer que el sonido es apreciado también por medio de la vista. Jenny Hans fue una de las personas que considero que la música se percibía a través de los anteriores tres medios, Erns Chladni comprobó esta teoría al visualizar el efecto del sonido sobre la materia mediante el experimento que lleva su nombre; este consistía en una placa metálica la cual vibraba cuando era rasgada por un arco de violín, la vibración de la placa hacía que granos finos vibraran también y se organizaran formando patrones o figuras simétricas en su gran mayoría.

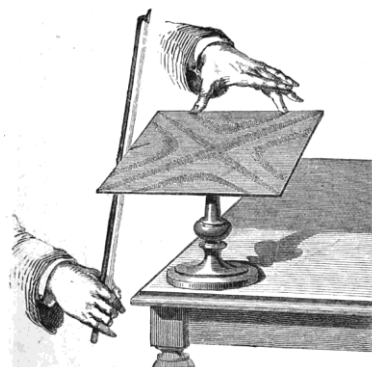


Figura 8. Experimento de Chladni. “Ernst Chladni” por R. Nales, Recuperado de <http://proyectoidis.org/ernst-chladni/>

El efecto que tiene el sonido sobre las partículas que descansan en la placa metálica es descrito por medio de la superposición de ondas. Las ondas viajan desde el centro de la placa (Como es el caso del experimento demostrativo) a todas las direcciones de la misma y al llegar a los bordes estas se reflejan cambiando la dirección de propagación superponiéndose con las ondas incidentes y dando como resultado zonas en las que la placa no vibra pues las ondas se anularon al tener un desfase de π , y zonas en la placa donde las ondas se suman pues no hay desfase entre ellas. Las partículas sobre la placa buscaran el estado de mínima energía, es decir las zonas en las que la placa no vibra para reposar allí, así es como se forman figuras bien definidas y simétricas en la mayoría de los casos.

2.2 Perspectiva pedagógica para la construcción de los talleres

La metodología que se usa para el desarrollo de la mayoría de actividades ejecutadas en Maloka es una metodología de aprendizaje activo, así que los talleres y módulos

desarrollados durante la pasantía también se aplican con base a este método de enseñanza-aprendizaje.

Al ser constituido Maloka como un museo de ciencia y tecnología no tendría mucho sentido que se desarrollara una metodología tradicional de clases magistrales, quizá ese es uno de los motivos por los cuales instituciones de educación formal visitan un museo de ciencia, para salir de la rutina de la metodología tradicional. En esta medida, los visitantes del museo no son aprendices pasivos sino que ahora deben adquirir un sentido crítico, participativo y creativo. En un aula de educación formal es común encontrar estudiantes poco comprometidos con la materia, distracción y poca motivación, la metodología de aprendizaje activo pretende además de suscitar lo contrario, compromiso, participación y motivación, generar un aprendizaje significativo y apropiación de conocimientos más que memorización de datos.

Los comentarios, ideas y construcciones que realizan los estudiantes permiten desarrollar en ellos la capacidad de imaginar los fenómenos de la ciencia, comprender los conceptos, desarrollar un vocabulario técnico respecto a la materia, la apreciación de los comentarios de otras personas y el aprendizaje colectivo. Pero los beneficios no son únicamente para los estudiantes, la metodología de aprendizaje activo es de gran ayuda para el docente pues permite ver las ideas de cada individuo, apreciando lo que los estudiantes han percibido y también lo que ignoran o no comprenden.

Edgar Dale en su “pirámide de aprendizaje”, expone los métodos de enseñanza y aprendizaje en orden de efectividad, allí se puede apreciar que los métodos en los que los estudiantes tienen una participación pasiva son los menos efectivos para la retención del conocimiento en comparación con los métodos o actividades activas.

Pirámide de aprendizaje de Edgar Dale

A las dos semanas...

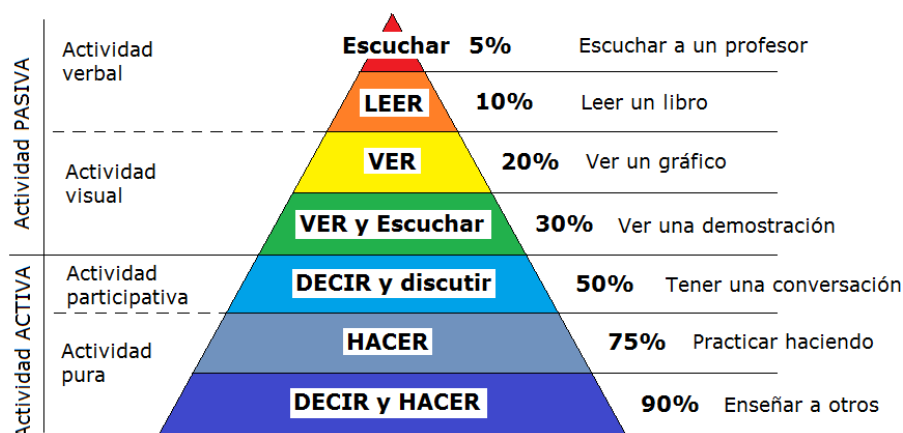


Figura 9. Pirámide de aprendizaje de Edgar Dale. “Pirámide de Aprendizaje de Edgar Dale | Infografía” por G. Romero, 2015, Recuperado de <https://gesvin.wordpress.com/2015/03/13/piramide-de-aprendizaje-de-edgar-dale-infografia/>

Con base a esto, se propone esta metodología para el desarrollo de las actividades: Talleres en la que los participantes puedan proponer teorías, escuchar opiniones y manipular los fenómenos físicos.

Para el desarrollo de cada actividad se proponen los siguientes pasos:

1. *Planteamiento del problema:* El facilitador de la actividad expone el problema en torno al cual gira la actividad, este debe ser claro y entendido por los participantes pues con base a este se plantean hipótesis.
2. *Predicciones:* Personalmente o en grupo se proponen algunas teorías y explicaciones del fenómeno físico propuesto en el problema, una solución o explicación de este. Las predicciones o imaginarios frente al problema no se busca que estén fundamentadas o explicadas cuantitativamente, además, no son evaluadas.
3. *Socialización:* Con el grupo en general se exponen algunas de las predicciones.
4. *Realización del experimento:* Luego de las predicciones y socialización de las mismas, se realiza el experimento, este puede ser de tipo demostrativo (realizado por el mediador) o experimental (desarrollado por los participantes). Siempre se busca que sean actividades experimentales de modo que los participantes puedan tener contacto con el fenómeno físico.

5. *Discusión:* Con base a las hipótesis iniciales y a lo visto en el experimento se discute sobre la explicación o descripción más acertada del fenómeno físico.
6. *Extrapolación:* En esta fase se discute sobre el fenómeno en la cotidianidad, en la vida diaria, ¿dónde se puede apreciar este fenómeno?

Lo anterior se puede visualizar mediante el siguiente diagrama:

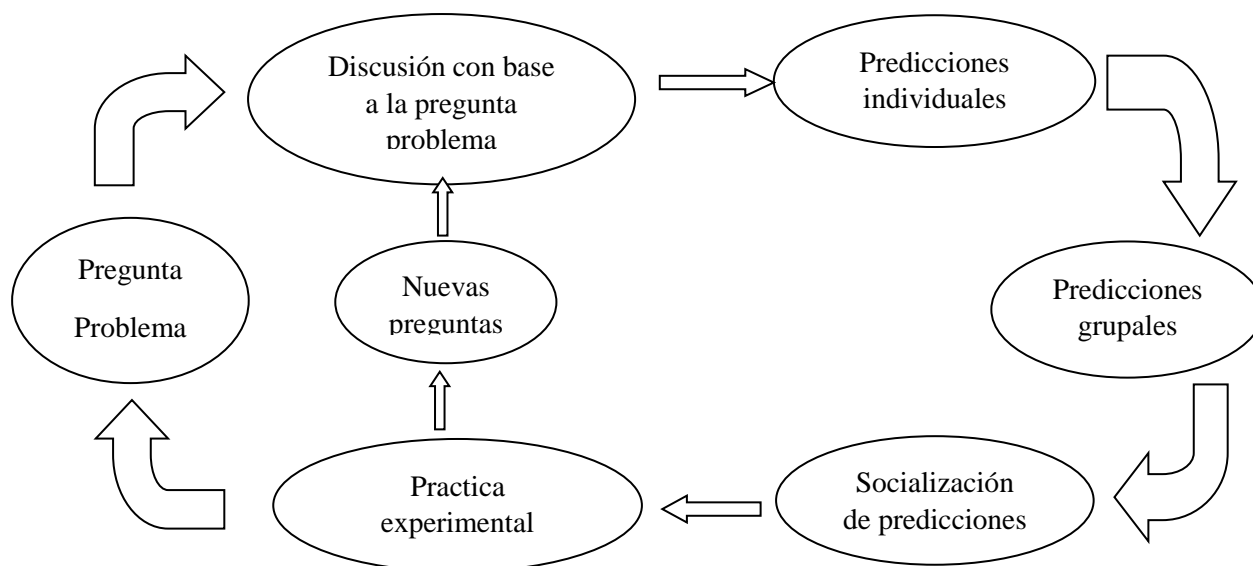


Figura 10. Proceso para desarrollo de la metodología de aprendizaje activo.

La metodología de aprendizaje activo puede ser desarrollada con base en dos métodos de enseñanza-aprendizaje, el aprendizaje basado en problemas (ABP) o el aprendizaje basado en proyectos (ABPR). Estos modelos tienen sus orígenes basados en el constructivismo el cual “asocia el aprendizaje a la construcción de nuevas ideas con base en conocimientos previos” (L. Galeana, p.2).

Las metodologías de aprendizaje basado en problemas (ABP), tienen por objetivo que el estudiante construya el conocimiento a partir de un problema que representa un reto para la persona, dejando de lado (como ya se ha mencionado) su papel pasivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y pasando a ser protagonista en dicho proceso.

La metodología de aprendizaje basado en proyectos tiene origen en los planteamientos de Confucio y Aristóteles “Exponentes de la filosofía de aprender haciendo. Siglos después este enfoque del aprendizaje fue tomado por el filósofo John Dewey, quien propuso una educación de carácter experiencial” (Fundación enseña Chile, 2015).

3. Hacia la construcción de talleres en torno a las vibraciones y ondas.

3.1 Planeación y diseño de talleres

Al intentar establecer el área de la física que se trabajaría en la pasantía surge la siguiente pregunta: ¿Qué le gustaría hacer? Y aunque la carrera de licenciatura en física forma integralmente, en la respuesta primarían los gustos: Un proyecto que involucre la física con la música para el entendimiento de los fenómenos relacionados con las vibraciones y las ondas.

La idea principal para el desarrollo de la pasantía consistía en la elaboración del experimento que permite visualizar las figuras de Chladni y por medio de este abordar los conceptos que describen el comportamiento de las vibraciones y las ondas y algunas ideas acerca de la teoría de la Cimática.

Para abordar esta área tan fascinante podía desarrollarse además de las figuras de Chladni, otros experimentos “sencillos” de elaborar que permiten observar la forma en que el sonido se exterioriza y actúa sobre la materia. Se trataba de experimentos “sencillos” en términos de materiales y recursos pero complejos por el riesgo que tenía la inadecuada manipulación de estos, casos puntuales el tubo de Rubens y el mismo experimento pero en 2D. Fue necesario tener en cuenta que los visitantes de Maloka son en un mayor porcentaje menores de edad y al ser experimentos que tenían que ver con la manipulación de fuego era de mayor cuidado.

Finalmente se propone una línea de trabajo que tendría que ver con la “armonía” como una cualidad que permite apreciar dos o más sonidos o eventos de forma que se relacionan en proporciones adecuadas para que sean percibidas por nuestros sentidos como algo bello o agradable. Para el desarrollo de dicha línea de trabajo se plantean tres talleres o módulos definitivos para diseñar y construir:

1. Un instrumento musical armónico hecho de material reciclable al cual se le da el nombre de “*Barófono*” el cual describe la armonía de los sonidos, es decir, la forma en que cierto grupo de sonidos son placenteros o agradables para nuestros oídos
2. Una configuración de 12 péndulos no acoplados que dan la impresión de una danza. los “*péndulos danzantes*” describe la armonía del movimiento, la frecuencias como variable física que permite la relación en el movimiento de varios péndulos
3. Las “*figuras de Chladni*” podría decirse que combina ambos, la armonía de los sonidos los cuales producen una armonía en el movimiento de las partículas sobre la placa.

3.2 Construcción de los tres montajes experimentales

El diseño de los módulos se realizó bajo la supervisión del profesional encargado de la pasantía en Maloka, se presentaban propuestas las cuales eran replanteadas al analizar la viabilidad del desarrollo y al llegar a la más acorde se realiza un presupuesto de los materiales necesarios los cuales son o no aprobados. Luego de tener el dinero necesario se realiza la compra de los materiales para posteriormente iniciar la construcción.

3.2.1 Taller 1. Barófono, la armonía del sonido.

El “Barófono” fue el primer taller que se desarrolló y en un principio solo se tenía claro que los materiales necesarios eran botellas plásticas, válvulas sellomatic (o válvulas de carro), bombas para inflar neumáticos y baquetas.

El primer diseño se pensó como una organización de siete botellas ancladas a la cara trasera de una caja de madera que sirviera como una caja resonante que permitiera apreciar con claridad las notas emitidas por cada botella.

Este primer prototipo es descartado pues al experimentar con y sin caja de resonancia no era notoria la diferencia como para invertir el dinero en los materiales y construcción de las cajas. Se replantea este diseño por uno elaborado con tubos PVC en lugar de la caja de resonancia, similar a una marimba, se experimenta para apreciar la diferencia con y sin tubos y nuevamente no es muy distinto el resultado.

Al ver que no era notoria la diferencia al tocar solo la botella y dejarla sonar al aire libre con los prototipos en los que se usaba algún elemento para resaltar el sonido, se construye el tercer prototipo en el cual se organizan las siete botellas sobre un soporte de madera. Para la construcción de uno de estos prototipos era necesario, siete botellas con su tapa, siete válvulas sellomatic, siete abrazaderas y un lienzo de madera de aproximadamente 1.70m. El taller tenía como propósito que las personas que quisieran llevar a sus casas un “Barófono” pudieran hacerlo, lo que significaba que no bastaba tener cuatro o cinco Barófonos para dictar el taller un número indefinido de veces con los mismos Barófonos, con esto en mente, se establece construir 60 Barófonos y con base en esto se consolida el presupuesto de los materiales y el costo total del taller.

Tabla 2

Presupuesto para construcción del taller “Barófono”

Cantidad	Descripción	Valor C/u	Total
420	Válvulas sellomatic	\$300	\$126.000
420	Abrazaderas metálicas	\$1250	\$525.000
30	Lienzos de madera de 3×3cm y 3m de largo	\$3.000	\$ 90.000
3	Bombas para inflar neumáticos	\$12.000	\$36.000
1	Silicona líquida	\$6.500	\$ 6.500
Total			\$783.500

Presupuesto usado para la compra de material necesario para la construcción de 60 Barófonos.

Se realiza la compra de los materiales y se construye el prototipo definitivo para el desarrollo del taller (Figura 11).



Figura 11. Montaje experimental Barófono.



Figura 12. Materiales para el desarrollo del taller Barófono. Bombas de aire y palos de bambú usados como baquetas.

3.2.2 Taller 2. Péndulos danzantes, armonía del movimiento.

Para el desarrollo de los “*péndulos danzantes*,” se realizó un presupuesto para construir un módulo que fuera exhibido en las salas interactivas de Maloka. Uno de los objetivos era que el visitante pudiera establecer la relación entre la longitud y la frecuencia de un péndulo y relacionar dichas variables con el tiempo o periodo de oscilación, pero el más importante objetivo era que se tratara de un módulo cuyo funcionamiento no dependiera de la presencia de un guía, sino que cualquier persona que visitara el centro interactivo, desde el más chico hasta el más grande, pudiera accionar los 12 péndulos y visualizar la danza de estos. Con esto

en mente, el primer prototipo que se imagina tendría un consto de más de 300 mil pesos, con tubos PVC de 6' rellenos de cemento, sostenidos por guaya y colgados a una biga metálica de 4m (*Figura 13*).

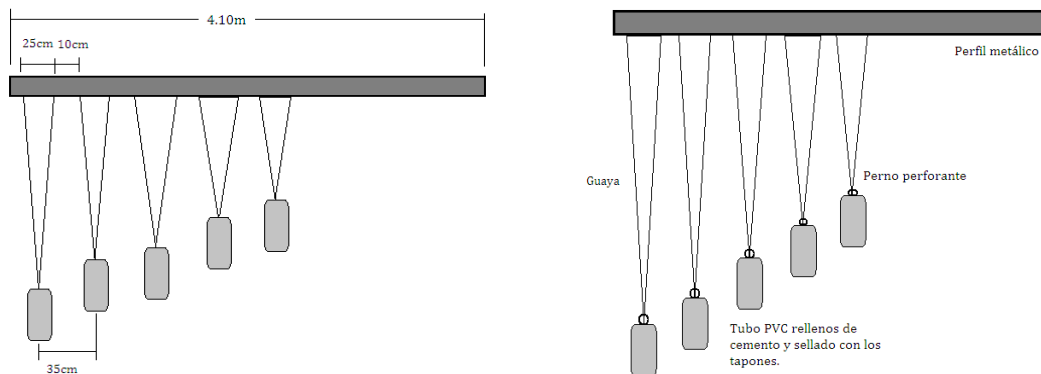


Figura 13. Bosquejo inicial del módulo “péndulos danzantes”

Al no contar con el presupuesto para este proyecto fue necesario dejar en el olvido el vasto módulo. Sin embargo persistía la idea de apreciar el fenómeno y compartir la experiencia con el público; por eso, se inició la construcción de un prototipo, que no tuviera un costo significativo, con el fin de conseguir los recursos por medio del encanto de esta danza.

El primer prototipo se realizó con tuercas y nylon pero al ser tan poco masivas las tuercas y tan grande la longitud de los péndulos (de 1m a 1.50m) se enredaba el nylon de cada tuerca con las demás y finalmente no fue posible generar la oscilación de los péndulos. Trató de solucionarse el problema adhiriendo a cada tuerca un pedazo de plastilina para aumentar un poco la masa de los objetos pero no tuvo un resultado distinto. Eran necesarios objetos con una masa tal que por lo menos tensara la cuerda que lo colgaba y así nace la idea de llenar de cemento ya no tubos PVC enormes, sino más bien pelotas plásticas de unos 10cm de diámetro (*Figura 14*).



Figura 14. Pelotas plásticas rellenas de cemento y una armella en el orificio.

Para colgar las pelotas plásticas rellenas de cemento se usó una especie de hilo de fique y un soporte de lienzo de madera de 1.8 m. Con ayuda del profesional encargado de la pasantía en Maloka, Carlos Perilla, se realizó el montaje del prototipo tratando de dejar una sola línea de

fique, es decir, que no existiera la necesidad de cortar y dejar una cuerda para cada péndulo. Esto con el objetivo de ajustar de forma más sencilla la medida de la longitud de cada péndulo asemejándolo a la micro afinación de una guitarra. El resultado fue un prototipo sobre el cual se podría experimentar de forma más cómoda buscando las longitudes adecuadas para que el fenómeno fuera exacto (Figura 15)

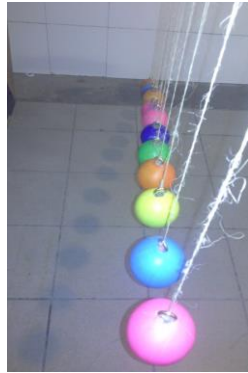


Figura 15. Tercer prototipo “péndulos danzantes.”

Las primeras mediciones sobre las cuales se ensambló este primer prototipo se colocaron en duda al ver que el fenómeno no era bien distinguido. Para este primer cálculo el método fue el siguiente y cito del primer documento escrito realizado:

“Para realizar los cálculos de la longitud de los péndulos de modo que el fenómeno de la danza de los péndulos sea observable, se toma fija la longitud de uno de los péndulos, se calcula el periodo de oscilación y la frecuencia; A partir de este, se calcula la longitud de los 11 restantes de modo tal que el desfase o diferencia en los periodos entre el primer y el ultimo péndulo sea de 0.5s Por ejemplo, Suponemos que el largo del péndulo 1 será de 1m, con esta longitud se calcula el periodo de oscilación el cual da como resultado $T = 2.007s$. Se toma el periodo del primer péndulo y se calcula el periodo del último péndulo según lo dicho anteriormente, es decir, sumando 0.5s al periodo del péndulo 1; así, el periodo del último péndulo será de $T = 2.507s$. El periodo de los demás péndulos será obtenido al sumar al valor del péndulo anterior, el valor que resulta de dividir 0.5s en 12 partes iguales.”

La variable independiente para este cálculo era el valor del periodo. Se estableció un desfase entre el primero y el último de 0,5s y este valor se dividió en partes iguales para que entre todos los péndulos hubiera el mismo desfase, es decir 0.045s de desfase en el periodo de oscilación.

Al ver que el resultado experimental no era el esperado se procede a hacer los cálculos de otra forma, y se toma como variable independiente el número de oscilaciones en un minuto y se variaría en 1 el número de oscilaciones con respecto al siguiente péndulo:

“Para realizar los cálculos de la longitud de los péndulos de modo que el fenómeno de la danza de los péndulos sea observable, se toma como valor fijo el número de oscilaciones (N) que realizará uno de los péndulos en un tiempo (T) fijo, este será el tiempo que tardará la danza de los péndulos; Por ejemplo, tomamos un valor de $N = 30$ osc en un periodo de tiempo $T = 60s$, es decir que el periodo de oscilación para el péndulo $n = 0$ será:

$$t = \frac{T}{N - n}$$

Se procede a calcular la longitud del péndulo la cual es $l = 0.992m$

A partir de estos valores se calcula la longitud de los 11 péndulos restantes de modo que cada uno de ellos hará “n” oscilaciones menos.”

Tabla 3
Cálculo de la longitud de los péndulos

# de péndulo “n”	# De oscilaciones por min. $N - n$	Periodo $t = \frac{T}{N - n}$	Longitud $l = \frac{t^2 g}{4\pi^2}$
0	30	2s	0.992m
1	30-1	2.069s	1.061m
2	30-2	2.142s	1.138m
3	30-3	2.22s	1.224m
4	30-4	2.307s	1.32m
5	30-5	2.4s	1.428m
6	30-6	2.5s	1.55m
7	30-7	2.60s	1.687m
8	30-8	2.72s	1.844m
9	30-9	2.85s	2.024m
10	30-10	3s	2.232m
11	30-11	3.15s	2.473m

Calculo de la longitud teniendo como variable independiente el número de oscilaciones y calculando la longitud para que cada péndulo realice una oscilación menos que el anterior en un minuto, las longitudes son demasiado grandes por lo que requiere un ajuste.

Puesto que la medida del péndulo $n = 11$ era demasiado larga, se tomaron únicamente los valores de los 7 primeros péndulos (de $n = 0$ a $n = 6$). Los 5 péndulos restantes debían tener entonces una longitud menor al valor de la longitud del péndulo base ($n = 0$) de modo que esos péndulos no harían una oscilación menos que el anterior sino una oscilación más que el anterior; Así, los valores definitivos para las longitudes de los 12 péndulos serían:

Tabla 4
Cálculo definitivo de la longitud de los péndulos

# de péndulo “n”	# De oscilaciones por min. $N - n$	Periodo $t = \frac{T}{N - n}$	Longitud $l = \frac{t^2 g}{4\pi^2}$
-5	30+5	1.714s	0.728m
-4	30+4	1.764s	0.772m
-3	30+3	1.818s	0.819m
-2	30+2	1.875s	0.871m
-1	30+1	1.935s	0.929m
0	30	2s	0.992m
1	30-1	2.069s	1.061m
2	30-2	2.142s	1.138m
3	30-3	2.22s	1.224m
4	30-4	2.307s	1.32m
5	30-5	2.4s	1.428m
6	30-6	2.5s	1.55m

Se tiene en cuenta parte de la información de la tabla 3 y los péndulos restantes se calculan de modo tal que realicen una oscilación más que el anterior en un minuto.

Así la longitud del péndulo más corto sería de 0.728m y la longitud del péndulo más largo sería de 1.55m. La contrucción del módulo sería más sencilla con las ultimas medidas en comparación con las primeras. Estas medidas fueron puestas a prueba sobre el tercer prototipo donde se pudo visualizar por primera vez y de forma clara el fenómeno de la danza de los péndulos.

El siguiente paso era convencer a personas de influencia en el centro interactivo Maloka para obtener los recursos para la construcción del módulo planeado, el resultado no fue el esperado pero fue positivo: No se aprobó el presupuesto para el colosal módulo pero se consiguió material para un módulo de calidad para ser exhibido en las salas. Para la estructura

se dispuso de tubo PVC de 2" y se aprobó un presupuesto para la compra de los accesorios necesarios (semicodos y T de PVC). Teniendo claro la forma y materiales necesarios para la construcción se realizó un bosquejo para el larguero que sujeta los péndulos (*Figura 16*)

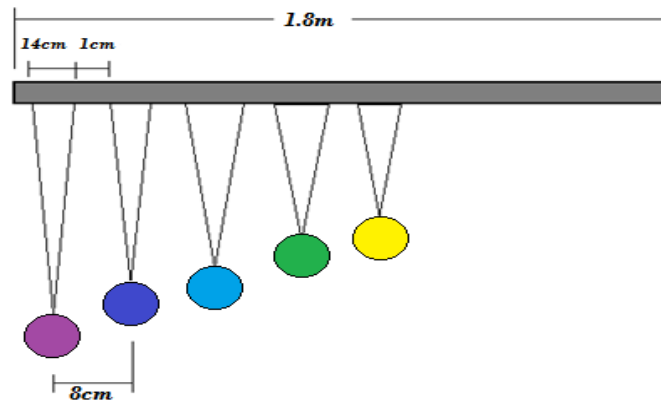


Figura 16: Bosquejo del soporte de los péndulos y medidas entre ellos.

Para este módulo definitivo se usaron las pelotas rellenas de cemento que se usaron en el tercer prototipo y para colgarlas se cambió el fique por “cola de raton”, 80m de cabuya de colores que no se estira ni encoje para que no cambiara con el tiempo la longitud de los péndulos.

Para la estructura que suspende los péndulos (*Figura16*), se usó el material dispuesto por el personal del taller (tubos PVC de 2”) y se compraron los accesorios necesarios para armar esta: 10 T de PVC de 2”y 8 semicodos de 45° de 2”. Para ajustar los accesorios a los tubos fue necesario un tarro pequeño de limpiador y soldadura para tubos PVC para pegar y dejar fijos los soportes de los extremos con forma de “A”, los largueros de 2m se acoplan a las “A” mediante tornillos y tuercas con el objetivo de poder desarmar la estructura y poder movilizarla, de ser necesario, con mayor facilidad.



Figura 17. Estructura en tubo PVC de 2”

Medidas de la estructura:

- ✓ Altura: 2,30m
- ✓ Largo: 2m
- ✓ Profundidad: 1.60m

Para finalizar la construcción del módulo, se usó una tabla de 2.20m de largo en forma de canaleta para desplazar de la posición de equilibrio todos los péndulos al tiempo y soltarlos de forma simultánea para que empezaran a oscilar. Esta misma sirvió como letrero para dar a conocer el nombre de este módulo (*Figura 18*)



Figura 18. Letrero del módulo “péndulos danzantes”

Para poder exhibir el módulo de “péndulos danzantes” al público en las salas interactivas, era necesario contar con la infografía que describe el módulo y su funcionamiento, pero por demoras en el proceso que debían realizar las personas de publicidad y debido a un daño en las impresoras, se realizó el montaje sin la infografía, pero bajo la supervisión de guías que guiaran el entendimiento del fenómeno.

3.2.3 Taller 3. Figuras de Chladni, armonía del sonido y el movimiento.

A pesar de que “las figuras de Chladni” fue el primer proyecto que se planteó fue el último en ser construido y aplicado. Inicialmente se pensó en construir un módulo para ser exhibido en las salas y que las personas pudieran operarlo pero nuevamente estaba el inconveniente del presupuesto.

Para que un módulo sea puesto en las salas interactivas dispuesto para la manipulación del público, su construcción debe estar pensada para un trato brusco y también debe ser un

manejo sencillo. Con esas condiciones se plantean algunas ideas que cumplieran dichos requisitos pero al no contar con presupuesto alguno para hacerlo se olvida la idea de un módulo de “figuras de Chladni”. Entonces se propone realizar un taller guiado por guías con dos experiencias: Un experimento demostrativo en el cual se visualicen las figuras de Chladni de forma clara (La manipulación de este experimento sería únicamente por parte del guía) y un experimento con material reciclable que manipulara el público y que simulara el experimento demostrativo. Una vez aprobada la propuesta se inicia la experimentación para el desarrollo del experimento demostrativo; Para este, es necesario un parlante, un generador de frecuencias, una placa metálica o acrílica y arena.

Con el fin de no invertir dinero en el desarrollo de este taller, se usa un parlante de 40W y un generador de frecuencia a los cuales no se les estaba dando uso. (Figura 19)



Figura 19. Generador de frecuencias, parlante de 40 W y placa metálica de 35cm×35cm

Con este primer prototipo no fue posible visualizar algo pues la potencia del generador no era la suficiente para hacer vibrar la placa; además, después de un tiempo de estar funcionando el generador, perdía potencia y la intensidad del sonido o la amplitud con que el parlante vibraba era demasiado pequeña. Al ver la incapacidad que tenía el generador para que por sí solo suministrara la potencia necesaria para tan siquiera hacer mover la arena sobre la placa, se pensó en comprar un amplificador que potenciara las vibraciones pero como se ha mencionado ya muchas veces, no se disponía de dinero para esto.

Para solucionar el problema de la potencia se usó un equipo de sonido para amplificar el sonido y el generador se reemplazó con una aplicación para celular que genera frecuencias el cual se conecta al equipo de sonido por medio de un cable 2-1 (dos a uno).

A pesar de que el problema de la intensidad del sonido se había solucionado, seguía sin poder verse las figuras de Chladni, la arena si se movía pero no escogían una posición determinada para formar patrones simétricos, simplemente saltaban por todas partes los granos de arena.

Tratando de buscar la falla se modificó la forma de acoplar la placa, ya no se usó la cubierta anti polvo sino que se acopló a la bobina de voz mediante una unión de PVC de 1/2' y un tornillo y este ajustado con una tuerca al centro de la placa; Luego, se cambió la placa metálica por una lámina de acrílico de 35cm×35cm. Después de estas modificaciones seguía sin poder visualizarse las figuras.

La falla radicaba en que el bafle estaba demasiado desgastado, especialmente el cono lo cual hacía que estuviera “caído” es decir, la bobina de voz permanecía hundida y no realizaba las oscilaciones con la amplitud debida. La única solución era comprar un parlante en condiciones óptimas. En una venta de objetos usados se compró un bafle en perfecto estado, de 30W por \$8.000, se reemplazó el primer parlante y de forma satisfactoria se solucionó el problema, por primera vez se pudieron visualizar algunas figuras de Chladni.

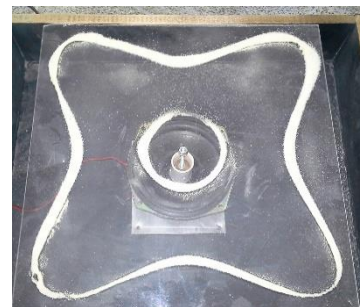
Funcionando de forma perfecta el experimento demostrativo, lo que seguía era determinar las frecuencias exactas a las cuales se producían figuras. El resultado para una lámina de acrílico de 35cm×35cm y 5mm de espesor fue el siguiente:



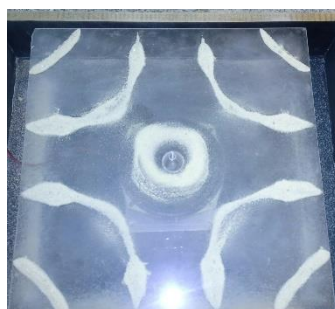
60Hz



135 Hz



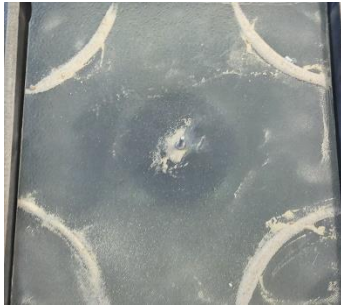
251 Hz



366 Hz

Posteriormente se experimentó con una lámina menos rígida para determinar la influencia del acrílico sobre la visualización del fenómeno; para esto, se usó una lámina con las mismas dimensiones que la anterior pero variando el espesor de 5mm a 3mm. Luego de experimentar con esta última se encontró lo siguiente:

- Se formó mayor cantidad de figuras con el acrílico más delgado. Frecuencias mayores a 400 Hz no producían algún efecto sobre la arena en la placa de 5mm pero en la de 3mm aún tenía la capacidad de hacer vibrar la placa y formar figuras.
- Tres de las figuras que se formaron en el acrílico de 5mm se observaron también en el de 3mm pero con frecuencias menores.



70 Hz



93 Hz



162 Hz



175 Hz



178 Hz



180 Hz



183 Hz



197 Hz



224 Hz



364 Hz



503 Hz

Con el fin de reutilizar la arena que caía de la lámina de acrílico, recogerla con facilidad y evitar regar arena en el salón o salas donde se realizara el taller, surge la necesidad de un recipiente lo suficientemente grande para contener en él la arena que cae de la placa. Para esto, se usa un cajón de closet al cual no se le estaba dando uso alguno, luego de una mano de pintura y colocar sobre este el nombre del taller, perdió su naturaleza y ahora cumplía nuevas tareas (Figura 20).



Figura 20. Cajón de closet como recipiente para contener la arena que cae de la placa.

Como se mencionó anteriormente, para el taller “Figuras de Clladni” se propuso realizar un experimento demostrativo y uno que pudiese ser manipulado por el público. Para este último los materiales necesarios son un recipiente plástico cuya boca tenga una sección transversal de unos 15cm de diámetro, una bomba, cartulina, ligas o cauchos arena y en lugar de un generador de frecuencias se usa la voz, la construcción del experimento casero se presenta en la metodología usada al aplicar el taller al público general.

4. Talleres en marcha

DESARROLLO DE LA POLÉMICA

Al iniciar la aplicación de las actividades surgen varios problemas tanto con el público general como con los mediadores. Los inconvenientes más comunes eran la falta de atención, la falta de concentración y los distractores.

En el momento en que se inicia el debate por medio del planteamiento y socialización de las hipótesis, la participación es poca, bien sea por temor a ser juzgados, por falta de conocimiento o ideas o simplemente porque no se entendió el problema en torno al cual se discute.

ALTERNATIVAS PARA APROXIMARSE A LA PROBLEMÁTICA

El planteamiento claro del problema es imperativo esto asegura un imaginario correcto del mismo. Una forma de asegurar el entendimiento del problema es usando como ejemplo elementos de la vida cotidiana de los participantes.

La participación puede fomentarse al posibilitar una discusión en grupos pequeños acerca de las hipótesis o teorías respecto a la pregunta problema, esta puede ser la forma de encender el bombillo para el planteamiento de nuevas ideas.

DISCUSIONES TÍPICAS

Fue común en ambos casos, público y mediadores, que la discusión o debate se centrara en el planteamiento de alguna persona, por ejemplo, en el caso del barófono alguien planteó la hipótesis de que el sonido emitido por las botellas variaba en función del material de la misma, alguien respondió preguntando ¿de qué forma y como es la relación?, en este punto de la discusión, la atención se centró en los tipos de materiales, espeso o tamaño.

Otro factor común en los diferentes talleres que se aplicaron fue el rechazo de las hipótesis acompañado de la burla o juicio.

SOLUCIÓN DE CONFLICTOS

En cualquier caso o taller, la discusión debe ser direccionada a la descripción correcta del fenómeno físico, es necesario usar los planteamientos de todas las personas pero no para generar discusiones que desvían del objetivo; Además, al tener en cuenta las hipótesis de todos, se evita la burla y juicio de los planteamientos y en muchos casos la burla y juicio directamente a la persona.

La experimentación sin lugar a duda será el elemento contundente con el que se solucionan los conflictos. Por medio de la experimentación se esperaría más atención, participación e hipótesis que contribuyan a la construcción del conocimiento.

4.1 Aplicación de talleres al público general

4.1.1 Intenciones.

Las intenciones al aplicar las actividades al público general son cumplir fielmente la tarea de divulgadores de la ciencia permitiendo la construcción de las ideas correctas y siendo intermediarios entre el fenómeno físico y el público.

Luego de las experiencias se esperaría que las personas pudieran describir los fenómenos físicos sin necesidad de requerir un lenguaje especializado o un conocimiento demasiado

amplio de la física, se confía que la construcción del conocimiento es lo que permite apropiarse las ideas.

4.1.2 Metodología.

La metodología de aprendizaje activo parte del planteamiento de un problema, una pregunta desafiante, que genere dudas y propuestas, es indispensable para “encender la llama” y suscitar una discusión.

En el caso del taller del Barófono, el problema que se plantea es: con una botella plástica ¿Es posible generar las 7 notas musicales fundamentales? ¿De qué forma podría hacerse? Para el caso de las figuras de Chladni el problema que se plantea es: ¿De qué forma se percibe el sonido? ¿Es posible ver el sonido? Y para los péndulos danzantes a medida que se plantean preguntas se proponen hipótesis y se guía a las ideas correctas. Algunas de las preguntas son: ¿En qué momento se completa una oscilación?, Si se tienen dos péndulos, en uno cuelga una pelota loca y en el otro una bola de bolos ¿Cuál completa una oscilación primero?, si se tiene la misma masa colgada a péndulos de diferente longitud ¿Cuál completa primero una oscilación? ¿El más corto o el más largo?

Con base a estos problemas se proponen algunas hipótesis dando así inicio a la construcción de conocimiento. La socialización de las hipótesis de acuerdo a lo establecido por Edgar Dale, decir o tener una discusión puede desarrollar el aprendizaje del 50% de las ideas trabajadas por esto se considera indispensable la socialización de las hipótesis.

Posterior a la socialización se procede con la realización del experimento que permite apreciar el fenómeno físico e interactuar con el mismo. Esta es la sección de la actividad que asegura el mayor porcentaje de aprendizaje. Según Edgar Dale hacer o practicar haciendo puede asegurar que el 75% de lo trabajado sea aprendido. Por esto, es necesario permitir al público tener contacto con el fenómeno físico, manipular las variables físicas y establecer relaciones o anticipar el funcionamiento del experimento.

Finalmente y después de lo anterior, se construye una idea que defina de forma acertada el fenómeno físico y las variables que lo caracterizan.

4.1.3 Actividades

Para el desarrollo de los talleres se usa una metodología de aprendizaje activa en la cual los participantes con ayuda del guía construyen los conceptos al plantear hipótesis acerca del fenómeno y manipular el experimento teniendo contacto directo con las variables físicas que

lo describen. Esta metodología estimula el pensamiento crítico haciendo que sean las personas las que construyen su conocimiento.

4.1.3.1 Barófono.

El primer taller aplicado fue el “Barófono”, el taller empezaba con un referente histórico que evidenciaba la relación entre física y música: la forma en que Pitágoras encontró las proporciones entre las notas musicales y su planteamiento acerca de la armonía de las esferas. Pitágoras consideraba que la distancia de separación entre los planetas establecía lo que hoy conocemos como intervalos musicales, por lo que cada planeta sería entonces una nota musical y todo el sistema junto formaba lo que Pitágoras denominó armonía de las esferas.

Posterior a esto, se planteaba el problema de cómo emitir los sonidos de las notas musicales con una botella plástica, los participantes proponían algunas soluciones (llenando a diferentes niveles con algún fluido, soplando al interior de la botella, etc.); Luego, el guía realizaba el experimento de forma demostrativa con un Barófono afinado para emitir las 7 notas musicales. Esta demostración se hacía con dos objetivos: 1) plantear nuevas hipótesis acerca del funcionamiento del instrumento y 2) que los participantes tuvieran una referencia para que ellos afinaran su instrumento.

Luego de la demostración, en grupos pequeños se socializan las hipótesis que cada integrante considera como correcta para la explicación del fenómeno y estas después se comparten con todo el grupo. A continuación, se realiza el experimento, allí cada grupo experimenta con su *Barófono* variando las presiones en el interior de las botellas para encontrar las notas musicales o sonidos que sean “armónicos”.

Al finalizar el tiempo que requiere la afinación del instrumento, se discute sobre la experiencia que cada grupo tuvo con su instrumento. En este espacio se exponen las predicciones, los conceptos físicos que se extrajeron, un mejor método, etc. Para este punto, las hipótesis anteriormente planteadas ya deberían estar encaminadas a la descripción correcta del fenómeno físico. Finalmente, el guía usa las hipótesis para concretar la relación entre la presión, la frecuencia y las notas musicales.

4.1.3.2 Péndulos danzantes.

Los péndulos danzantes son un módulo exhibido en las salas del centro interactivo, pero antes de ser expuesto a la manipulación del público se realizó a modo de taller. El taller se desarrollaba a medida que se respondía a ciertas preguntas con base a lo que se observaba en

los péndulos, Por ejemplo, ¿qué es una oscilación?, ¿Cuál es la relación entre el periodo de oscilación y la masa de un péndulo? ¿Cuál es la relación entre el periodo de oscilación y la longitud de un péndulo?, entre otras. Luego de aclarar los conceptos que describen el funcionamiento de un péndulo se pone en funcionamiento el módulo de los “péndulos danzantes”, se plantean algunas hipótesis que describan el fenómeno, se realiza una segunda vez haciendo énfasis en la necesidad de visualizar todos los grupos que se forman y finalmente se y con base a las hipótesis se explica lo ocurrido.

La simplicidad de este módulo permite explicar todos los conceptos e ideas detrás de un péndulo de una forma sencilla y atractiva al público.



Figura 21. Aplicación de actividad Péndulos danzantes a Público general.

4.1.3.3 Figuras de Chladni.

El taller de las “Figuras de Chladni” se inicia con preguntas muy sencillas: ¿Cómo se percibe el sonido?, además del sentido auditivo y del tacto ¿se puede percibir el sonido mediante otro sentido?, ¿El sonido se puede ver? Siguiendo con la metodología de aprendizaje activo, se discute hipótesis en grupos pequeños las cuales se proponen ante el grupo en general. Posterior a esta actividad se realizaba el experimento demostrativo manipulado por el guía. Frente a este experimento nuevamente se plantean hipótesis que permitan explicar lo ocurrido.



Figura 22. Aplicación del taller Figuras de Chladni a público general.

A continuación, se organizan por grupos para la realización del experimento “casero” que simula el demostrativo, se reparten los materiales y se instruye sobre lo que hay que hacer con ellos.

Los pasos para la construcción del experimento son:

1. Tapar la boca del recipiente o tarro plástico con la bomba. En algunos casos era necesario cortar la bomba para que cediera hasta el tamaño de la sección transversal del tarro.
2. Cortar una tira de cartulina de unos 5cm de ancho y de un poco más del largo del perímetro de la boca del tarro. Ajustar con ligas la tira de cartulina alrededor de la boca del tarro, esto para evitar que la arena se derrame por los bordes del tarro.
3. Con una tira de cartulina esta vez de unos 15cm de ancho por 30cm de largo, hacer un cilindro por el cual se producirán los sonidos al interior del tarro.
4. Esparcir un poco de arena sobre la membrana o bomba y producir sonidos con nuestra boca por el extremo del cilindro.



Las figuras que se visualizan en este experimento no eran las mismas que se veían en el experimento demostrativo pero el funcionamiento era igual de fantástico en ambos casos (*Figura 23*).



Figura 23. Taller “Figuras de Chladni”.

Para finalizar se exponían algunas de las ideas planteadas por la cimática, el efecto del sonido sobre la materia y el efecto de la música sobre el ser humano.

4.2 Aplicación de los talleres a mediadores

4.2.1 Intenciones.

La atención se centra en la formación a los mediadores pues serán ellos quienes continúen con el proceso de divulgación de la ciencia y en este caso especial la divulgación de la física (las vibraciones y las ondas mecánicas) lo que obliga a transmitir los conceptos e ideas correctas de dicha área de la física.

Como ya se ha mencionado, la fidelidad de la enseñanza está por encima de la metodología; Es decir, aunque sí se tiene en mente la necesidad de la transposición didáctica para enseñar las ciencias a todo tipo de público, prima la verdad de lo que se enseña, esto hace que sea necesario asegurar el entendimiento correcto de las vibraciones y las ondas, el funcionamiento de cada módulo y la relación entre los conceptos y lo que describen los experimentos.

En la formación a los mediadores se usa un lenguaje más técnico en comparación con el lenguaje usado con el público general con el propósito de que el entendimiento de los talleres sea de igual forma un poco más especializado, será el mediador quien posteriormente haga uso de herramientas de transposición didáctica para poder explicar de forma más sencilla lo que él ya ha comprendido.

Además del entendimiento de conceptos, es indispensable formar al mediador en relación al funcionamiento y forma de operar los módulos pues será el mediador quien manipule estos; Además, la manipulación correcta de los módulos afianzará la relación entre el mediador, el módulo y lo que este evidencia, dándole claridad del área de la física tratada.

En relación a los módulos, además de que el guía esté capacitado para hacerlo funcionar, debe estar capacitado para la construcción de estos prototipos (en caso de ser necesario) o ajustes básicos de mantenimiento; Por ejemplo, la construcción posterior de “Barófonos” o la forma de armar y desarmar los “Péndulos danzantes”.

4.2.2 Metodología.

Teniendo en mente las intenciones con el desarrollo de las actividades a los mediadores, se aplican las actividades haciendo énfasis en los puntos anteriormente mencionados. La aplicación de los talleres se inicia como la aplicación al público general y por consiguiente se sigue la misma metodología: metodología de aprendizaje activo. Se inicia con el planteamiento de un problema seguido de las hipótesis que se proponen como solución del problema, estas son socializadas con todo el grupo y así se va estableciendo un camino a la solución correcta del problema. Por lo general el problema tiene relación con el “por qué” y “cómo” del funcionamiento del experimento, la solución por lo tanto estará descrita por los conceptos propios del área.

Luego de las posibles soluciones o ideas acerca del funcionamiento y descripción del fenómeno físico, se procede a hacer el experimento, dándole a los guías una idea de la forma en que ellos pueden realizarlo y sobre todo como deben manipularlo. Cabe aclarar que el mediador durante el experimento no da explicaciones al público sobre el funcionamiento o descripción del fenómeno físico pues la metodología de aprendizaje activo tiene por objetivo la construcción del conocimiento por medio del planteamiento de teorías, explicaciones y manipulación del experimento, hacer esto sería haber hecho una clase tradicional con un experimento.

Las actividades permiten la manipulación de algunos módulos por lo que será turno de los mediadores de operar los artefactos y familiarizarse con estos, allí se varían las propiedades físicas del módulo de modo que se aproxima al mediador a los conceptos que describen la solución del problema. En este punto las hipótesis deberían ir rumbo a la solución correcta del problema, nuevamente se exponen las teorías y se direccionan a las ideas correctas por medio de los conceptos correctos; Así, se habrá construido el conocimiento mediante el proceso de proponer, plantear, decir y experimentar.

Aunque los mediadores por el hecho de laborar en Maloka, consientes o inconscientes están familiarizados con la metodología de aprendizaje activo, a medida que transcurre la formación se especifican el proceso para la aplicación de dicha metodología, aclarando la

necesidad del planteamiento de un problema claro, escuchar y tener en cuenta TODAS las hipótesis, evidenciar de forma clara el fenómeno físico y permitir al público la aproximación a este por medio de la experimentación, escuchar las nuevas teorías y encaminarlas a la solución del problema y a la descripción fiel del fenómeno físico.

4.2.3 Actividades

Los talleres se aplicaron a los mediadores de la misma forma que se hizo con el público general, con la diferencia de que con los mediadores se incluía la explicación de la construcción de los módulos, los materiales necesarios y las recomendaciones para el funcionamiento correcto de los mismos.

4.2.3.1 Barófono.

Por ejemplo, en el taller del “Barófono” era imperativo explicar la forma de construir este mismo, esto incluye los cuidados y materiales necesarios.

Como ya se ha mencionado, la construcción de este módulo se constituye en un problema en la medida que representa cierto riesgo su construcción puesto que requiere la manipulación de herramienta que al no usarse de forma acertada puede provocar un accidente. Para la construcción del soporte del Barófono es necesario el uso de un taladro para asegurar los lienzos con tornillos. Es necesario dar a los mediadores algunas recomendaciones como tomar con firmeza el taladro, evitar que el tornillo se corra de la posición en la que se quiere asegurar pues podría hacer que la punta del taladro se salga de la cabeza del tornillo golpeando la mano del mediador, entre otras.

Con respecto al funcionamiento del Barófono, es necesario recomendar a los mediadores la necesidad de verificar el estado de las tapas y las válvulas pues un pequeño orificio evitará que el aire se contenga dentro de la botella imposibilitando la afinación de la misma.

4.2.3.2 Péndulos danzantes.

El problema principal de los péndulos danzantes es la “fragilidad” de la estructura y la necesidad del cuidado y el uso adecuado de este módulo. La recomendación principal hecha a los mediadores es la de generar en el público una cultura que de buen trato al módulo y que este sea usado de modo que cumpla la función para la cual se hizo y no otra.

Es común encontrar en el centro interactivo módulos fuera de servicio y es por el trato del público, la forma brusca de accionarlos y el uso inadecuado de los mismos, los mediadores además de divulgadores de la ciencia y la tecnología son promotores de cultura y respeto.

Con respecto al módulo, se capacita a los mediadores para el ajuste de las longitudes de los péndulos y el proceso de armado y desarmado del mismo. Las longitudes son ajustadas en la parte superior del larguero que sostiene los péndulos, basta con sacar un pin que asegura las cuerdas y alargar o acortar la cuerda asegurándola nuevamente con el pin.

El proceso de armado y desarmado no requiere de ninguna herramienta pero sí de cuidado. Los soportes más largos están asegurados a las “A” con tornillos y estos asegurados con una tuerca que al remover del tornillo permite sacar el tornillo dejando libre el larguero de la estructura en forma de “A”. Para liberar un larguero hay que liberar el tornillo en ambos soportes, es decir que para desarmar totalmente la estructura hay que liberar seis tornillos en total. Una vez liberados los largueros de los soportes, la estructura esta propensa a caer, por lo que se hace necesario el apoyo de un par de manos más, mientras uno sujeta los soportes en forma de “A” para que no se desplomen, el otro libera los largueros.

4.2.3.3 Figuras de Chladni.

Las recomendaciones para el desarrollo exitoso del taller de las “Figuras de Chladni” están asociadas a la manipulación de los materiales que constituyen los experimentos. Es necesario capacitar al mediador y dejar clara la forma en que se hacen los montajes experimentales.

Los materiales necesarios para el desarrollo del experimento demostrativo (Experimento que será manipulado únicamente por los mediadores y que el público únicamente observará) son un equipo de sonido el cual amplifica la señal, un cable dos a uno usado para conectar el dispositivo que se usa como generador de frecuencia en este caso un celular el cual debe tener el aplicativo para generar las frecuencias, un parlante que será el que produce las vibraciones y el cual debe estar conectado al equipo de sonido, una lámina de acrílico que se acopla al parlante con ayuda de un tornillo y una tuerca, un cajón de madera en el cual se retendrá la arena que cae de la placa de acrílico y arena como material que evidenciará las figuras de Chladni. Para este experimento se aclara en la forma en que se conecta el cable 2 a 1 al equipo y al celular y la forma en que se conecta el parlante; Además, se especifica sobre el funcionamiento de la aplicación y lo que esto significa en función de conceptos propios de la física (frecuencia, vibración, oscilación, entre otros).

Luego de esto los mediadores construyen el montaje para la actividad experimental (la que será manipulada por el público) al igual que se realizó con el público, se facilita el material y precisan los pasos a seguir.

5. Recolección De Información e interpretación de resultados

La construcción e implementación de la propuesta didáctica para la enseñanza de las vibraciones y las ondas mecánicas aplicada en un espacio de educación no formal, en contraste con los procesos de educación formal, pone en manifiesto los beneficios de la educación informal tanto en los procesos de aprendizaje como en el aporte al desarrollo de las actividades institucionalizadas.

La construcción del conocimiento a través de las metodologías de aprendizaje activo no se limita por edad, género o nivel de escolaridad pues depende casi en su totalidad de la participación del público. Los supuestos, hipótesis y discusiones ponen sobre la mesa los pre saberes o preconceptos sobre el área o fenómenos en discusión mientras que la experimentación y manipulación del fenómeno surtirá algún efecto sobre dichos pre saberes: en el caso de ser acertados, serán afianzados y aprendidos o en el caso de ser errados estos serán re planteados o cuestionados. Esto fue evidente al contrastar los preconceptos con las nuevas ideas o preguntas que surgen después de la práctica.

En esta medida, el aprendizaje activo se constituye como una herramienta provechosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo casi necesaria en una clase de educación formal que busca no solo explicar la disciplina sino comprender los fenómenos de la misma.

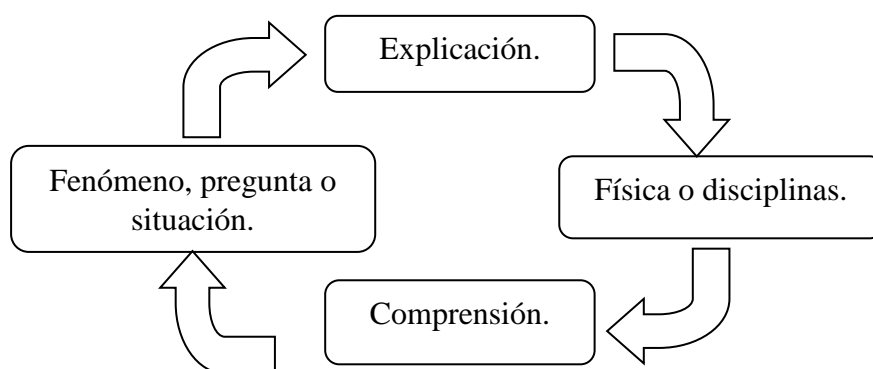


Figura 24. Explicación y comprensión

La figura 24 resumiendo, muestra un contraste entre la explicación y la vivencia. En el momento en que la física o cualquier disciplina es vivida, es comprendida, antes de eso lo único que existe son explicaciones. Las vivencias en la clase marcarían la diferencia en el proceso de aprendizaje en comparación con la explicación constante de los fenómenos de cierta disciplina.

En la ejecución de los talleres tanto con el público general como con los guías, los estereotipos frente a la física y la matemática fueron desechados, el supuesto de disciplinas

aburridas y hechas para mentes prodigiosas fue dejado a un lado, la participación activa y en especial la experimentación fueron evidencia de lo anterior. El docente o mediador juega un papel importante en tanto es quien posibilita el desarrollo de dichas actividades, incita la participación, propone problemas que representan retos para los estudiantes y en la medida de lo posible favorece la interacción con el fenómeno.

Para evaluar los talleres y módulos se tuvo en cuenta varios aspectos de estos, entre ellos, la estética o apariencia física, funcionamiento y la explicación del fenómeno por parte del guía. Para esto se realizó tanto al público como a los guías una encuesta de selección múltiple que buscaba ser agradable y no comprometedor:

Taller “Figuras de Chladni”

Maloka, Ciencia, tecnología e innovación.

Nombre del colegio: _____ **Edad:** _____

Califica por medio de las caritas los siguientes aspectos del taller “Figuras de Chladni”

- 1.** Apariencia física o estética del taller “figuras de Chladni”



- 2.** ¿Cómo te pareció el funcionamiento del experimento desarrollado por el guía?



- 3.** ¿Cómo te pareció el funcionamiento del experimento casero?



- 4.** ¿Cómo te pareció la explicación por parte del guía?



- 5.** Se formaban diferentes figuras cuando cambiaba:

- a.** La frecuencia del sonido. **b.** El timbre de mi voz. **c.** Todas las anteriores.
d. ninguna de las anteriores

Módulo “Péndulos Danzantes”
Maloka, Ciencia, tecnología e innovación.

Nombre del colegio: _____ **Edad:** _____

Califica por medio de las caritas los siguientes aspectos del Módulo “Péndulos Danzantes”

1. Apariencia física o estética del módulo “Péndulos danzantes”



2. ¿Cómo te pareció el funcionamiento del módulo?



3. ¿Cómo te pareció la explicación por parte del guía?



4. El tiempo que dura una oscilación depende de:

- a. La masa. b. La longitud. c. el tamaño de la esfera. d. El clima.

Con estas encuestas se evalúa implícitamente 1 a 5 por medio de las caritas:



Las anteriores encuestas se realizaron para evaluar el Módulo de los *péndulos danzantes* y el taller *Figuras de Chladni*. Se desarrollaron 12 encuestas tanto para el módulo como para el taller, 8 realizadas a público general y 4 realizadas a guías de salas. Las encuestas fueron respondidas en su gran mayoría en parejas o un máximo de 3 integrantes.

Al calcular el promedio aritmético para conocer la calificación de *Péndulos danzantes* y *Figuras de Chladni*, se tiene la siguiente información:

- Péndulos danzantes***

Tabla 5
 Valoración del módulo *Péndulos danzantes*.

Publico	Apariencia física	Funcionamiento	Explicación
General	4.62	4.37	4.5
mediadores	4.25	4.25	4.75

- **Figuras de Chladni**

Tabla 6
Valoración del taller Figuras de Chladni

Publico	Apariencia física	Funcionamiento Exp. demostrativo	Funcionamiento Exp. casero	Explicación
General	4.5	4.5	4.25	4.5
mediadores	4.25	4.75	4.75	4

6. Conclusiones y Reflexiones

El trabajo de la pasantía fue significativo tanto en la experiencia personal como en la experiencia profesional, brindando herramientas para la enseñanza no solo en espacios de educación informal sino también para la educación formal.

Este trabajo realizado en Maloka no solo adiestra para la enseñanza de la física, además dota de herramientas para la vida: La utilización de un taladro o de una segueta para cortar un tubo PVC o un lienzo de madera, el uso de limpiador y soldadura para PVC, entre otros muchos artilugios que con seguridad sirven para la cotidianidad.

Estar encargado no solo de la construcción y explicación de los talleres planteados sino también de la cotización y compra de los materiales necesarios, trabajaba el área de la responsabilidad y la independencia. Podría pensarse que al ser dinero ajeno, podía comprarse los materiales en el lugar que fuera y al precio que fuera, pero el compromiso personal fue a manejar el dinero como si fuera propio, por eso se toma el tiempo necesario para hacer cotizaciones y una inversión inteligente, con buenos materiales y sin gastar mucho.

La responsabilidad no solo fue trabajada mediante la tarea del manejo del dinero, además se formó mediante el compromiso de la construcción de los talleres y módulos en tiempos definidos, la exposición de estos al público y la formación a los guías.

El desarrollo del *Barófono* hacía pensar que habría dinero para lo que restaba, pero no fue así; La falta de presupuesto no fue impedimento sino estímulo para idear otras alternativas y reutilizar materiales o darle usos distintos a materiales que estaban a la mano. Esto deja de enseñanza que el dinero no es requisito indispensable para poder realizar un experimento que enseñe y forme sobre un área de la física, siempre habrá disponible materiales que son

considerados basura pero que al darles un buen uso favorece la tarea del docente y ayuda además al cuidado del medio ambiente y reciclaje.

En cuanto a la enseñanza de la física, el aporte de la pasantía es gigante. El tratarse de un medio de educación informal significaba nuevos retos y estrategias para la enseñanza pues el aprendizaje dependía, casi en la totalidad, del público, era personal. La clase formal y catedrática allí no era muy eficiente, sí lo era la participación del público, desde la creación de hipótesis y la exposición de ideas hasta la manipulación de cada experimento. El rol como profesor había tenido un cambio significativo pues el método de aprendizaje activo lo requería, ahora la tarea del docente es más bien la de un guía u orientador que lleve todas las ideas de cada persona a los conceptos o ideas correctas o que se quieren enseñar; Además de esto, queda en evidencia la relevancia del experimento en el proceso enseñanza-aprendizaje, que aunque no garantiza la aprehensión de los saberes sí los facilita.

La formación a los nuevos mediadores demandaba responsabilidad en tanto estas personas serán quienes continuarán divulgando la ciencia y en particular el área de la física relacionada con las vibraciones y las ondas. No se justifica el sacrificio de la verdad por la sencillez. Al aplicar los talleres tanto a mediadores como al público es necesario aplicar un proceso de transposición didáctica con el uso apropiado del lenguaje de modo que exprese la realidad y además se pueda entender por un público no especializado en el área. Para tener “éxito” es el proceso de enseñanza-aprendizaje son de gran ayuda los ejemplos y analogías, echar mano de recursos para acercar al público a los conceptos físicos; Por ejemplo, dismantelar el fenómeno y conceptos físicos presentes en el diario de cualquier persona.

Bibliografía

AGUIRRE PÉREZ, C. VÁSQUEZ MOLINÍ, A. (2004). Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias.

XANTHOUDAKI, M. (2003). Un lugar para descubrir: la enseñanza de la ciencia y la tecnología en los museos.

BIRULÉS, M. (2001). Principios fundamentales de la museología científica moderna. Número 55. Pp. 22-24

PARQUE EXPLORA. (2013). El museo y la escuela: conversaciones de complemento.

GIL, D. VILCHES, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: Mitos y realidades. Revista iberoamericana de educación N°42, pp. 31-53

HENDRICKS. H. (2003). Enseñando para cambiar vidas. Editorial Unilit.

A.DESVALLÉES, F. MAIRESSE, (2009). Conceptos claves de museología. Armand Collin.

F. HERNÁNDEZ, Evolución del concepto de museo. Universidad complutense de Madrid.

Ministerio de educación, Argentina, Tipos de museos, Dirección Operativa de Extensión Educativa.

L. GALEANA, Aprendizaje basado en proyecto, Universidad de Colima.

Fundación Enseña Chile, (2015), Aprendizaje basado en proyectos, Documento elaborado por el ara de formación.

D. SEGURA, A. MOLINA, A. VELASCO, G. HERNÁNDEZ, F.O. ARCOS, R. LEURO Y R. PEDREROS, (1995), Vivencias de conocimiento y cambio cultural, Escuela pedagógica experimental- Colciencias.

Anexos

Barófono

“Armonía de los sonidos”

Por: Cristian Rojas (Pasante)

Profesional encargado: Carlos Perilla Perilla.

Fecha: Octubre 2016

Al pensar en la música, la física y la matemática podría pensarse en disciplinas totalmente separadas y sin relación alguna, pero con este inusual instrumento musical será perceptible la profunda relación entre dichas áreas.

Antiguamente se afirmaba que la distancia de separación entre los planetas establecía lo que hoy conocemos como intervalos musicales, por lo que cada planeta sería entonces una nota musical y todo el sistema junto formaba lo que se conoce como armonía de las esferas.

La música celestial o la armonía de las esferas está regida por la matemática. Pitágoras, al experimentar la longitud de la cuerda en un monocordio encontró que ciertas relaciones de longitud producían sonidos “armónicos” o que eran de agrado para el oído. El resultado de Pitágoras al dividir la cuerda en ciertas relaciones fue:

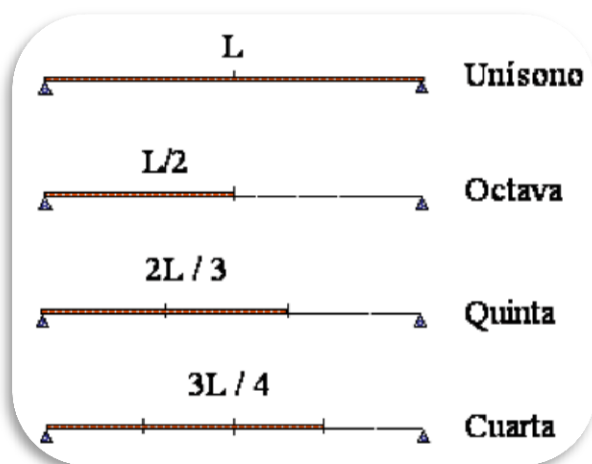


Imagen tomada de:

<http://enriquealexandre.es/2013/02/20/pitagoras-las-matematicas-y-la-musica/>

Pitágoras no conocía la relación entre estos sonidos con las frecuencias de las ondas emitidas pero nuestros oídos sí interpretan esas relaciones sintiéndolas placenteras y la cual llamamos música.

1. Objetivos pedagógicos

Teniendo en mente las ideas de Pitágoras, el participante tendrá la capacidad de pensar la forma de cambiar las propiedades físicas de la botella con el fin de que esta emita diferentes sonidos (tal y como lo hizo Pitágoras) de modo que podrá hacer predicciones y establecer relaciones.

La interacción con los materiales y la experiencia en general tendrán la capacidad de evidenciar la idea de frecuencia y de esta forma el comportamiento del sonido como una onda.

2. Objetivos experienciales

Brindar a los visitantes una experiencia poco común y darles la oportunidad de manipular las variables físicas en la botella con el fin de afinar su instrumento de la forma que deseen haciendo de este su instrumento personalizado.

3. Preparación logística

Publico

Familiar

Duración

Entre 30 y 45 minutos

Espacio de trabajo

Para el desarrollo de este taller es necesario un salón amplio con mesas lo suficientemente grandes para apoyar el *Barófono* de cada grupo y así hacer cómoda su manipulación.

Capacidad

Entre 5 y 7 grupos.

• ¿Qué se necesita?

Cantidad

Descripción

De 5 a 7

Barófonos listos para afinar.

De 5 a 7

Bombas de inflar neumáticos

De 5 a 7

Pares de baquetas




En algunos casos, App para medir la Frecuencia del sonido.

4. Orientación metodológica

La actividad se desarrollará en parejas o el grupo que integre una familia. El objetivo es afinar el *Barófono* de forma que se produzcan sonidos armónicos o placenteros para nuestros oídos, preferiblemente afinar cada botella para formar el conjunto de las 7 notas musicales (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si).

• Procedimiento

Al iniciar la actividad, el orientador o guía planteará varias preguntas al grupo en general para introducirlos a la experiencia.

-  ¿Puedo hacer que una simple botella plástica emita diferentes sonidos?
-  Con dicha botella ¿Puedo generar las 7 notas de la escala musical?
-  ¿Cómo podría lograr esto?

Al plantear el problema de forma clara para todos los participantes, se esperan predicciones acerca de este las cuales serán claras y sencillas y no requieren argumentos ni desarrollos matemáticos. Estas predicciones personales se comparten con sus grupos pequeños con el fin de socializar la predicción que el grupo considera más acertada.

A continuación se realiza el experimento, allí cada grupo experimentará con su *Barófono* variando las presiones en el interior de las botellas para encontrar las notas musicales o sonidos que sean “armónicos”.

Al finalizar el tiempo que requiere la afinación del instrumento, se discute sobre la experiencia que cada grupo tuvo con su instrumento. En este espacio se exponen las predicciones, los conceptos físicos que se extrajeron, un mejor método, etc.

5. Orientación conceptual

• Sonido

Es un tipo de onda mecánica (es decir se desplaza en un medio) y produce variaciones en la presión del medio y nuestro oído reconoce esas variaciones como sonido.

El medio que nos rodea es un sistema de muchas partículas diminutas, las variaciones de presión hacen que cada partícula se mueva transmitiendo esa vibración a las partículas más cercanas a ella generando un movimiento en cadena (semejante a la “ola” en un estadio).Técnicamente se puede entonces definir el sonido como la propagación de una perturbación en un medio.

Técnicamente el sonido no existe en el exterior, son las variaciones de presión las que afectan nuestro oído y este las interpreta como sonido. Las ondas viajan a través de nuestro oído haciendo vibrar el *tímpano* y este a su vez hace que los 3 pequeños huesos que componen

nuestro oído (*yunque, martillo y estribo*) se muevan. Las vibraciones de estos tres pequeños huesos se transmiten hasta el oído interno a través de la *cóclea* la cual tiene un fluido que transforma las vibraciones en señales nerviosas y así nuestro cerebro interpreta esto como señales auditivas.

El oído además puede distinguir las diferencias entre unos y otros sonidos dándoles un valor en cuanto a ciertas características:

- **Intensidad:** Es la propiedad del sonido que nos permite captarlo como fuerte o débil.
 - **Tono:** Es la característica que permite al oído determinar si un sonido es grave o agudo. Esta característica está determinada por la frecuencia; Los sonidos graves, corresponden a frecuencias bajas y los agudos a altas frecuencias.
 - **Timbre:** Es la cualidad que permite al oído distinguir sonidos procedentes de diferentes instrumentos aun cuando estos posean la misma intensidad y tono.
-
- **Vibración**

Se denomina vibración a la propagación de ondas elásticas produciendo deformaciones y tensiones sobre un medio continuo (o posición de equilibrio).

En su forma más sencilla, una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. La posición de "equilibrio" es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero.

- **Frecuencia**

La frecuencia es una magnitud física que mide el número de repeticiones de un evento en función del tiempo; Por ejemplo, supongamos que estamos en la atracción “music center” la cual cuando va a máxima velocidad completa una vuelta en 1 segundo, la frecuencia de esta atracción será entonces de 1 Hertz:

$$f = \frac{\# \text{ de vueltas}}{\text{tiempo}} \rightarrow f = \frac{1 \text{ Vuelta}}{1s} = 1Hz$$

En el caso del sonido la frecuencia está relacionada con la vibración de las partículas en el aire. Nuestro oído puede percibir las vibraciones cuya frecuencia están entre 20Hz hasta 20.000Hz.

- **Escala musical.**

Como ya se nombró anteriormente, los pitagóricos observaron que variando la longitud de una cuerda esta producía sonidos diferentes y escogieron los que eran armónicos en relación con el sonido original, o la tónica. Las más importantes y simples de encontrar en el monocordio son:

- ✓ *La octava:* Cuando la cuerda mide la mitad de la longitud original produce un sonido al doble de la frecuencia de la tónica.
- ✓ *Quinta:* Cuando la cuerda mide $\frac{2}{3}$ del largo original y su frecuencia $\frac{3}{2}$ de la frecuencia inicial. Es un intervalo de quinta pues corresponde a una separación de 5 teclas blancas en un piano.
- ✓ *Cuarta:* Cuando la cuerda mide $\frac{3}{4}$ del largo original y su frecuencia $\frac{4}{3}$ de la frecuencia de la tónica.

De esta forma se encontraron varias notas armoniosas las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Nota	Frecuencia	Longitud
Tónica (original)	f	L
Octava	$2f$	$\frac{1}{2} L$
Quinta	$\frac{3}{2} f$	$\frac{2}{3} L$
Cuarta	$\frac{4}{3} f$	$\frac{3}{4} L$

Por ejemplo: si suponemos que *Do* será la tónica, entonces:

- *Cuarta* → *Fa*
- *Quinta* → *Sol*
- *Octava* → *Do* (1 octava más alta)

Para encontrar el resto de notas que pertenecen a nuestra escala musical se hace un proceso repetitivo usando la quinta y la octava.

- *Segunda*

Lo primero es encontrar la quinta de la quinta cuya frecuencia es $\frac{3}{2} f$:

$$\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{9}{4}f$$

Como el objetivo es encontrar las notas que estén dentro del rango de frecuencias de una octava, es decir f y $2f$, y la anterior nota es mayor a $2f$, se encuentra una octava más debajo de dicha frecuencia **$9/8f$** .

Al repetir el proceso se encuentra la nota siguiente:

- *Sexta*

$$\frac{3}{2} \times \frac{9}{8} = \frac{27}{16}f$$

- *Tercera*

$$\frac{3}{2} \times \frac{27}{16} = \frac{81}{32}f$$

Nuevamente el valor de la frecuencia encontrada es mayor que $2f$ por lo tanto se toma la frecuencia una octava abajo, es decir: **$81/64f$**

- *Séptima*

$$\frac{3}{2} \times \frac{81}{64} = \frac{243}{128}f$$

Intervalo	frecuencia	Nota
Tónica	f	Do
Segunda	$\frac{9}{8}f$	Re
Tercera	$\frac{81}{64}f$	Mi
Cuarta	$\frac{4}{3}f$	Fa
Quinta	$\frac{3}{2}f$	Sol
Sexta	$\frac{27}{16}f$	La
Séptima	$\frac{243}{128}f$	Si
Octava	$2f$	Do

6. Referencias bibliográficas

- <https://www.youtube.com/watch?v=jY3FSptzSU8>
- Tomasini. M, Universidad de Palermo, El fundamento matemático de la escala musical y sus raíces pitagóricas.
- Midebien.com, Pitágoras y su escala musical.
- <http://www.fotonostra.com/digital/oido.htm>
- <http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/ondas/SONIDO/SONIDO.HTM>

Péndulos Danzantes

(Armonía del movimiento)

Por: Cristian Rojas (Pasante)

Profesional encargado: Carlos Perilla Perilla.

Fecha: Marzo 2017

7. Resumen

El fenómeno de “péndulos danzantes” consiste en 12 péndulos de diferentes longitudes y no acoplados los cuales en determinados tiempos se sincronizan en varios grupos para oscilar al unísono.

La simplicidad del experimento permite apreciar las variables que describen el movimiento armónico simple sin necesidad de tener un vasto conocimiento del área.

8. Objetivos pedagógicos

- Definir las variables que determinan el movimiento de un péndulo.
- Establecer la relación entre la longitud y la frecuencia de un péndulo y relacionar dichas variables con el tiempo o periodo de oscilación.

9. Objetivos experienciales

- Por medio de la danza de los péndulos, apreciar el fenómeno y explicar la causa.
- Realizar predicciones con respecto a la forma en que se sincronizan los péndulos.

10.Preparación logística

<i>Publico</i>	General
<i>Duración</i>	Aprox. 5 min
<i>Espacio de trabajo</i>	Salas interactivas
<i>Capacidad</i>	De 20 a 30 personas

11.Orientación metodológica

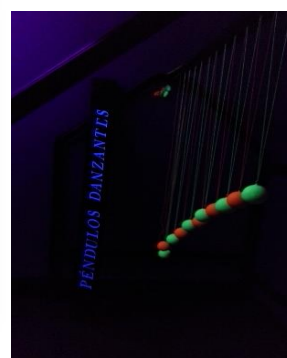
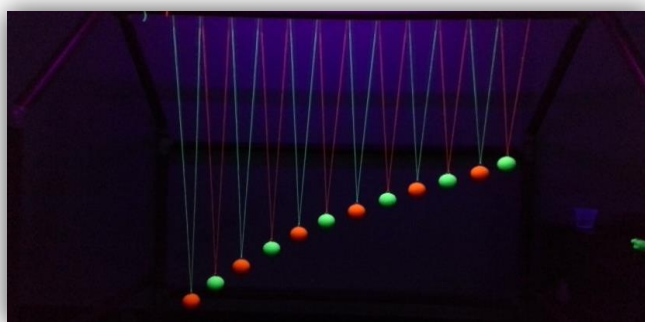
La simplicidad del módulo “*péndulos danzantes*” permite que cualquier persona (chicos o grandes) pueda poner en funcionamiento el aparato y pueda visualizar y entender el fenómeno en cualquier momento sin que sea necesaria la presencia o ayuda de un guía.

• Procedimiento

Para poner en funcionamiento el módulo de “*péndulos danzantes*” el visitante deberá:

1. Sujetar la tabla con la cual se moverán todos los péndulos al tiempo.
2. Hacer descansar las esferas sobre la tabla y moverlas de su posición de equilibrio a un ángulo no mayor a los 20°.
3. Retirar la tabla de modo que simultáneamente todas las esferas empiecen a oscilar.
4. Apreciar el fenómeno

• Montaje experimental



• Construcción del modulo

Para la construcción del módulo “péndulos danzantes” fueron necesarios los siguientes materiales:

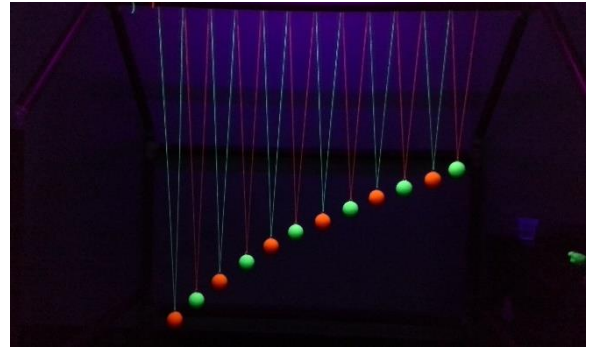
- Pelotas plásticas y armellas. Por un orificio abierto a las pelotas, se rellenaron de cemento y en el orificio se puso la armella para que al secar el cemento quedara fija y de allí se pudieran colgar las pelotas.



- Tubos PVC de 2', 10 T de PVC de 2', 8 semicodos de 45° de 2'. Para ajustar los accesorios a los tubos fue necesario un tarro pequeño de limpiador y soldadura para tubos PVC para pegar y dejar fijas los soportes de los extremos con forma de “A”, los largueros de 2m se acoplan a las “A” mediante tornillos y tuercas de modo que pueda ser desarmada y movilizada con mayor facilidad toda la estructura.



- 80m de cola de ratón. O cabuya de colores que no se estira ni encoje para que no varíe la longitud de los péndulos.



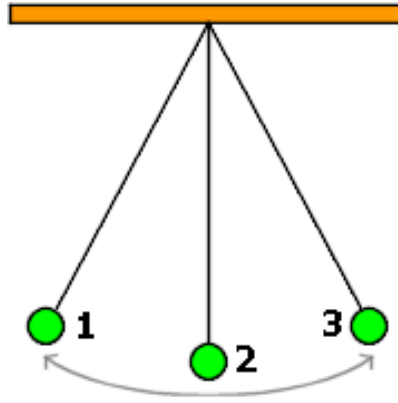
La estructura que sostiene los péndulos tiene las siguientes medidas:

- ✓ Atura: 2,30m
- ✓ Largo: 2m
- ✓ Profundidad: 1.60m

12.Orientación conceptual

Algo necesario para entender un péndulo:

- Son independientes de su masa. Esto quiere decir que dos péndulos de la misma longitud pero que cuelgan en su extremo objetos de diferente masa oscilarán con la misma frecuencia, es decir describirán el mismo movimiento.
- Son dependientes de la longitud. A mayor longitud, menor frecuencia y mayor periodo; es decir, un péndulo muy largo tardará más tiempo en completar una oscilación. A menor longitud, mayor frecuencia y menor periodo; es decir, un péndulo corto necesitará menos tiempo para ir de la posición inicial y volver a esta por tanto describirá más oscilaciones en un tiempo determinado con respecto a un péndulo más largo.
- Una oscilación es completada cuando la masa del péndulo inicia su recorrido en el punto 1, pasa por el punto 2, llega al punto 3 y hace el mismo recorrido de vuelta al punto 1. Hacer todo el recorrido desde 1 y volver al mismo punto se conoce como una oscilación. (*Imagen 1*)



(Imagen 1), Definición de oscilación.

Frecuencia.

La frecuencia hace referencia al número de veces que ocurre un evento en un tiempo determinado. La unidad de medida para la frecuencia según el SI (Sistema internacional de unidades) son los Hertz (Hz); este, equivale al número de eventos que ocurren en 1 segundo:

$$1\text{Hz} = \frac{1}{s}$$

Esto quiere decir que un evento con frecuencia de 2Hz se repite 2 veces en un segundo, un evento con frecuencia 14Hz se repite 14 veces en un segundo, etc.

Periodo.

El periodo se define como el intervalo de tiempo que es necesario para completar un ciclo u oscilación. En el caso de un péndulo, el periodo hace referencia al tiempo que tarda la masa en ir de un punto a otro y volver a su punto de partida (es decir, completar una oscilación.)

$$T = \frac{1}{f}$$

El periodo es inverso a la frecuencia; es decir, un evento con frecuencia 2Hz que significa que se repite 2 veces en un segundo, tiene un periodo de $T = \frac{1}{2} s$ es decir tarda 0.5s en completar un ciclo.

Cálculo de la Longitud de los péndulos.

Para realizar los cálculos de la longitud de los péndulos de modo que el fenómeno de la *danza de los péndulos* sea observable, se toma como valor fijo el número de oscilaciones (N) que realizará uno de los péndulos en un tiempo (T) fijo, este será el tiempo que tardará la

danza de los péndulos; Por ejemplo, tomamos un valor de $N = 30 \text{ osc}$ en un periodo de tiempo $T = 60\text{s}$, es decir que el periodo de oscilación para el péndulo $n = 0$ será:

$$t = \frac{T}{N - n} \rightarrow t = 2\text{s}$$

Se procede a calcular la longitud del péndulo:

$$l = \frac{t^2 g}{4\pi^2} \rightarrow l = 0.992\text{m}$$

A partir de estos valores se calcula la longitud de los 11 péndulos restantes de modo que cada uno de ellos hará “ n ” oscilaciones menos.

# de péndulo “ n ”	# De oscilaciones por min. $N - n$	Periodo $t = \frac{T}{N - n}$	Longitud $l = \frac{t^2 g}{4\pi^2}$
0	30	2s	0.992m
1	30-1	2.069s	1.061m
2	30-2	2.142s	1.138m
3	30-3	2.22s	1.224m
4	30-4	2.307s	1.32m
5	30-5	2.4s	1.428m
6	30-6	2.5s	1.55m
7	30-7	2.60s	1.687m
8	30-8	2.72s	1.844m
9	30-9	2.85s	2.024m
10	30-10	3s	2.232m
11	30-11	3.15s	2.473m

Puesto que la medida del péndulo $n = 11$ es demasiado larga, se toman únicamente los valores de los 7 primeros péndulos (de $n = 0$ a $n = 6$). Los 5 péndulos restantes deberán tener entonces una longitud menor al valor de la longitud de péndulo base ($n = 0$) de modo

que estos péndulos no harán una oscilación menos que el anterior sino una oscilación más que el anterior; Así, los valores definitivos para las longitudes de los 12 péndulos serán:

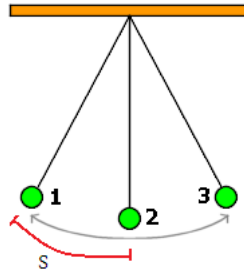
# de péndulo “n”	# De oscilaciones por min. $N - n$	Periodo $t = \frac{T}{N - n}$	Longitud $l = \frac{t^2 g}{4\pi^2}$
-5	30+5	1.714s	0.728m
-4	30+4	1.764s	0.772m
-3	30+3	1.818s	0.819m
-2	30+2	1.875s	0.871m
-1	30+1	1.935s	0.929m
0	30	2s	0.992m
1	30-1	2.069s	1.061m
2	30-2	2.142s	1.138m
3	30-3	2.22s	1.224m
4	30-4	2.307s	1.32m
5	30-5	2.4s	1.428m
6	30-6	2.5s	1.55m

Así la longitud del péndulo más corto será de 0.728m y la longitud del péndulo más largo será de 1.55m. El tiempo que dura la danza de los péndulos será de 60s pues es este el tiempo que tarda el péndulo que se usó de referencia en completar las oscilaciones establecidas, en este caso, 30 oscilaciones.

Cálculo de la amplitud y ángulo de oscilación.

Con el fin de simplificar un poco los cálculos del péndulo simple se busca que los ángulos de oscilación sean pequeños (máximo 20°); Con este valor como constante, se calcula la longitud de arco para el péndulo más corto y para el más largo teniendo en cuenta que:

$$\theta = 20^\circ = 0.35\text{rad}$$



Péndulo simple. Longitud de arco “S”.

Longitud de arco péndulo $l = 0.728m$

$$S = l\theta$$

$$S_1 = 0.728m \times 0.35$$

$$S_1 = \mathbf{0.254m}$$

El valor de 0.254m sería el desplazamiento necesario para mover al péndulo de $l = 0.728m$, un ángulo de 20° con respecto a su posición de equilibrio.

- Longitud de arco péndulo $l = 1.55m$

$$S = l\theta$$

$$S_1 = 1.55m \times 0.35$$

$$S_1 = \mathbf{0.542m}$$

El valor de 0.542m sería el desplazamiento necesario para mover al péndulo de $l = 1.55m$, un ángulo de 20° con respecto a su posición de equilibrio.

Para que el fenómeno se aprecie de la mejor forma, los péndulos deben desplazarse la misma longitud de arco pero no debe exceder por mucho el límite para la aproximación de ángulos pequeños; es decir, el valor de la longitud de arco debe ser:

$$0.35m \geq S \leq 0.54m$$

Se toma entonces el promedio de estos dos valores y se mantiene constante el valor de $S = \mathbf{0.445m}$. Con este valor los ángulos del péndulo más largo y más corto será:

- ángulo para el péndulo $r = 1m$

$$\theta = \frac{S}{r}$$

$$\theta = \frac{0.445m}{1m}$$

$$\theta = 0.445rad = 25.5^\circ$$

- *ángulo para el péndulo* $r = 1.56m$

$$\theta = \frac{S}{r}$$

$$\theta = \frac{0.445m}{1.56m}$$

$$\theta = 0.285rad = 16.3^\circ$$

De esta forma se asegura que el desplazamiento desde el punto de equilibrio de todos los péndulos sea aproximadamente igual y de esta forma se comporten como un péndulo simple.

13. Referencias bibliográficas

- https://www.youtube.com/watch?v=7_AiV12XBbI
- Dra. Palacios, C. “Danza de los péndulos” [Archivo pdf], disponible en: http://www.unav.edu/documents/29007/8773000/danza_pendulos.pdf.

Figuras de Chladni

(Armonía del movimiento y los sonidos)

Por: Cristian Rojas (Pasante)

Profesional encargado: Carlos Perilla Perilla.

Fecha: Abril 2017

14. Resumen

La cimática es un área poco conocida de la física y se centra en el estudio de la forma visible del sonido, la forma en que el sonido se exterioriza y la interacción del sonido con la materia. Hans Jenny, considerado el padre de la cimática planteaba que la música, entendiéndola como sonidos y este como una vibración, podía llegar a nosotros por tres medios:

- Por medio del sentido auditivo
- Por medio de la sensación de la vibración mediante el sentido del tacto
- Y por medio del sentido visual.

Cotidianamente la música es percibida al escucharla y cuando el volumen es muy fuerte, los vidrios de la casa y nuestro cuerpo las sienten como vibraciones captadas por medio del tacto. Con este experimento se evidenciará la tercera forma de percibir la música visualizando así las formas del sonido.

15. Objetivos pedagógicos

- Conocer el área de la cimática.
- Entender el fenómeno de la interferencia de las ondas.
- Apreciar e identificar los nodos o zonas en las que las ondas se anulan y las crestas o zonas en las que las ondas se suman.

16.Objetivos experienciales

- Simular de forma más sencilla y con materiales caseros el experimento que permite ver las figuras de Chladni.
- Visualizar las formas del sonido.

17.Preparación logística

Publico

General

Duración

Aprox. 30 min

Espacio de trabajo

Aula laboratorio

Capacidad

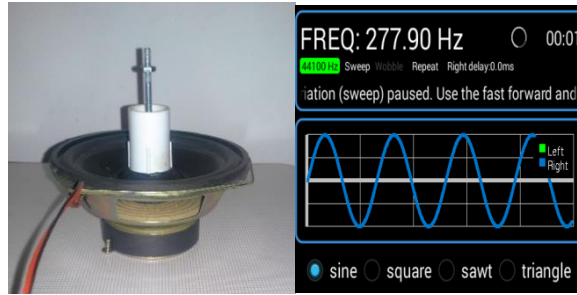
De 20 a 30 personas

18.Orientación metodológica

• Materiales

✓ EXPERIMENTO FIGURAS DE CHLADNI

Para la realización del experimento demostrativo es necesario un parlante, una lámina metálica o acrílica, arena, un generador de frecuencias o una aplicación que reproduzca frecuencias y un amplificador o equipo de sonido que potencie la aplicación o el generador.



De forma opcional se usa un cajón de madera con el fin de que la arena que se cae de la placa se concentre en el cajón y no se riegue por todas partes, esto facilita el reutilizamiento de la misma.

❖ Figuras de Chladni en relación con la frecuencia.

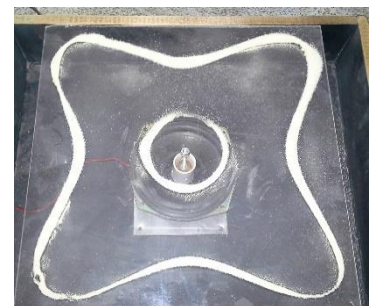
Para una placa de acrílica lisa de 35cm×35cm y un espesor de 5mm



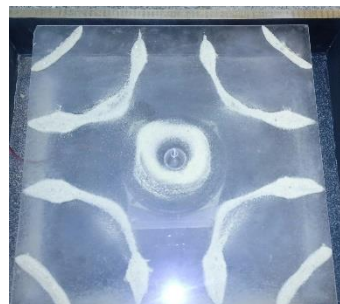
60Hz



135Hz

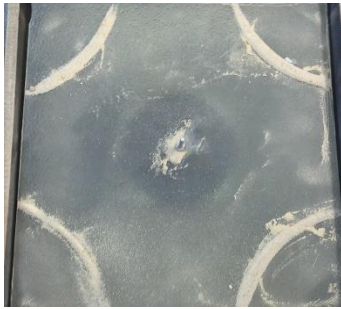


251Hz



366 Hz

Para una placa de acrílico corrugada en uno de sus lados de 35cm×35cm y un espesor de 3mm



70 Hz



93 Hz



162 Hz



175 Hz



178 Hz



180 Hz



183 Hz



197 Hz



224 Hz



364Hz



503 Hz

EXPERIMENTO CASERO

Para la realización del experimento que los participantes del taller realizaran son necesarios los siguientes materiales: Cartulina, un tarro plástico, ligas o cauchos y una bomba.

• Procedimiento

Para empezar este taller se podría introducir al público con unas sencillas preguntas: ¿Cómo percibimos el sonido?, además del sentido auditivo y del tacto ¿podemos percibir el sonido mediante otro sentido?, ¿El sonido se puede ver?

Antes de realizar el experimento con seguridad la respuesta a la última pregunta será que no es posible ver el sonido, cada persona tendrá su opinión y quizá algunos ejemplos que puedan sustentar sus respuestas. Una vez socializadas las predicciones (las cuales no son evaluadas) se procede con la realización del experimento demostrativo que permite ver las figuras de Chladni con ayuda de una placa metálica o una lámina de acrílico, un generador de frecuencia y un parlante (Es demostrativo pues este experimento será realizado por el guía que dirige el taller). Posteriormente los participantes del taller realizaran un experimento similar y este si será experimental pues cada persona tendrá la oportunidad de manipularlo.

Para la realización del experimento el procedimiento es el siguiente:

1. Por grupos, se reparte el material necesario: un recipiente plástico, una bomba, cartulina, cauchitos o ligas y arena.
2. Tapar la boca del recipiente o tarro plástico con la bomba. En algunos casos será necesario cortar la bomba para que ceda hasta el tamaño de la sección transversal del tarro.



3. Cortar una tira de cartulina de unos 5cm de ancho y de un poco más del largo del perímetro de la boca del tarro. Ajustar la tira de cartulina alrededor de la boca del tarro, esto para evitar que la arena se derrame por los bordes del tarro.



4. Con una tira de cartulina esta vez de unos 15cm de ancho por 30cm de largo, hacer un cilindro por el cual se producirán los sonidos al interior del tarro.



5. Esparcir un poco de arena sobre la membrana o bomba.
6. Colocar un extremo cilindro de cartulina en el orificio que tiene el tarro en su parte inferior y producir sonidos con nuestra boca por el otro extremo del cilindro.
7. Visualizar la forma en que las partículas de arena vibran por zonas dependiendo de la frecuencia del sonido.
8. Visualizar las figuras que se forman y recordar el tono o frecuencia que usamos para reproducirlas posteriormente ya no al azar sino premeditadamente.
9. Tratar de formar la mayor cantidad de figuras y repetirlas después de un tiempo, eso asegura que hemos memorizado la frecuencia a la que se produjeron.

10.Orientación conceptual

Uno de los científicos que logro visualizar el efecto del sonido sobre la materia fue el músico y científico alemán Erns Chladni. Su experimento consistía en hacer vibrar una placa metálica con ayuda de un arco de violín; Sobre la placa metálica, descansaba un material en forma de granos (Por ejemplo, arena) y al variar las frecuencias se organizaban las partículas sobre la placa dibujando patrones en la mayoría de los casos simétricos. (*imagen 1*)

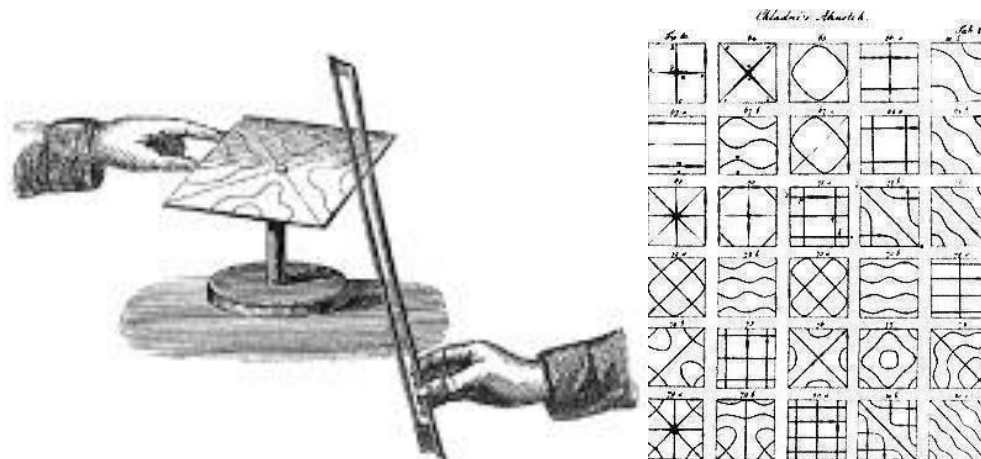


Imagen 1: Experimento y Figuras de Chladni.

Algunos científicos como es el caso de Masaru Emoto y Fabien Maman propusieron que como el sonido tenía la capacidad de actuar sobre el comportamiento de la materia también tendría la capacidad de modificar la materia en el interior de nuestro cuerpo. La misma energía que tiene el sonido para quebrar una copa de vidrio tiene la capacidad de desintegrar las células cancerosas. Aparte de esta teoría, una que es más fácil de apreciar es la capacidad que tiene la música sobre la estimulación de emociones, sobre el estrés, traer a la mente recuerdos, y en general armonizar la energía del cuerpo. La medicina vibracional plantea que las frecuencias alteradas del cuerpo son reestablecidas por medio de sonidos armónicos para llevar a un estado de equilibrio.

El fenómeno físico por el cual las partículas de arena sobre la placa se organizan como si tuvieran voluntad propia es el fenómeno de la interferencia de ondas. Recordemos que las ondas de sonido son la perturbación de un medio, en nuestro caso el aire. La energía de la onda se propaga mediante la vibración de las partículas de aire. En el experimento de las figuras de Chladni, la vibración del parlante es transmitida a la placa, es decir la placa vibra a la misma frecuencia que vibra el parlante pues estos están acoplados. La placa vibra y esa perturbación se propaga uniformemente desde el centro a todas las direcciones hasta los bordes de esta tal cual como ocurre al lanzar una piedra sobre un estanque de agua; Pero, ¿Qué pasa cuando las ondas llegan a los bordes de la placa? ¿se caen al abismo como pensaban antiguamente acerca de los límites de la tierra? No, Las ondas se devuelven en dirección contraria a la de su procedencia encontrándose con las nuevas ondas incidentes.

Imagen 2.

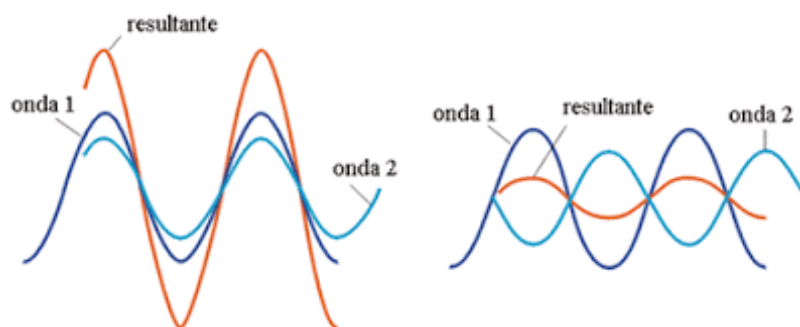


Imagen 2: Interferencia de ondas.

Dependiendo de la fase con que las ondas se encuentran pueden sumarse y aumentar al doble su amplitud o anularse. ¿Cómo así?, Veamos los casos por separado y con ayuda de la matemática con seguridad será más claro:

- **Caso 1, interferencia constructiva.**

En la imagen 2, la imagen de la izquierda, se puede ver que entre las dos ondas no hay un desfase, es decir, las crestas y los valles de las ondas coinciden en los mismos puntos. En este caso las ondas se suman para formar una sola onda cuya amplitud será la suma de cada una de estas. La función de onda es expresada de la siguiente forma:

$$y_1 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

Donde A es igual a la amplitud de la onda, k representa el número de onda, ω representa la frecuencia angular, x es igual a la posición y t es el tiempo. Se tiene también una onda $y_2 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \phi)$ donde ϕ representa el desfase con respecto a la onda y_1 .

Si el desfase entre ambas ondas es $\phi = 0$ (como lo representa la imagen 2 de la izquierda), se tiene al sumar ambas ondas el siguiente resultado:

$$Y = y_1 + y_2$$

$$Y = A \operatorname{sen}(kx - \omega t) + A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \phi)$$

$$Y = A \operatorname{sen}(kx - \omega t) + A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

$$Y = 2A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

El resultado de la suma de estas dos ondas tiene como resultado una onda cuya amplitud será la suma de la amplitud de ambas ondas, tal cual se representa gráficamente en la imagen 2 de la izquierda.

- **Caso 2, interferencia destructiva.**

Este es el caso en el que el desfase entre las ondas es diferente de 0; es decir,

$$y_1 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \phi)$$

Al haber zonas en las que la placa no vibra quiere decir que la diferencia de fase entre ambas ondas debe hacer que las ondas se anulen por completo es decir el desfase entre ambas es de π :

$$y_2 = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \pi)$$

$$y_2 = -A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

Al sumar las dos ondas se tendrá:

$$Y = y_1 + y_2$$

$$Y = A \operatorname{sen}(kx - \omega t) - A \operatorname{sen}(kx - \omega t)$$

$$Y = 0$$

Quiere decir que las ondas se anulan y por tanto no hay vibración.

En conclusión y basados también en la visualización del experimento, se tienen zonas en las que la placa no vibra en cuyos lugares se concentra la arena y zonas en las que la placa vibra y en cuyos lugares no reposa la arena.

11. Referencias bibliográficas

- MAITREY, D. (10 de julio de 2011). “Bio Resonancia- Luz, sonido y bienestar” Recuperado de: <http://bioresonandoybienestando.blogspot.com.co/2011/07/laciencia-del-sonido.html>

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

LICENCIATURA EN FÍSICA

Semillero de Investigación INVESTUD.

*construcción e implementación
de una propuesta didáctica
para la enseñanza de las
ondas mecánicas*

Armonía

*Lo que agrada a
los sentidos*

CRISTIAN CAMILO ROJAS MARTÍNEZ

Introducción

El siguiente modulo es el fruto de la pasantía que tuvo por título “*Construcción e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas en el centro interactivo Maloka*” y cuya finalidad era y sigue siendo enseñar el área de las vibraciones y las ondas mecánicas a todo tipo de personas, promoviendo así la divulgación de la ciencia y la alfabetización científica.

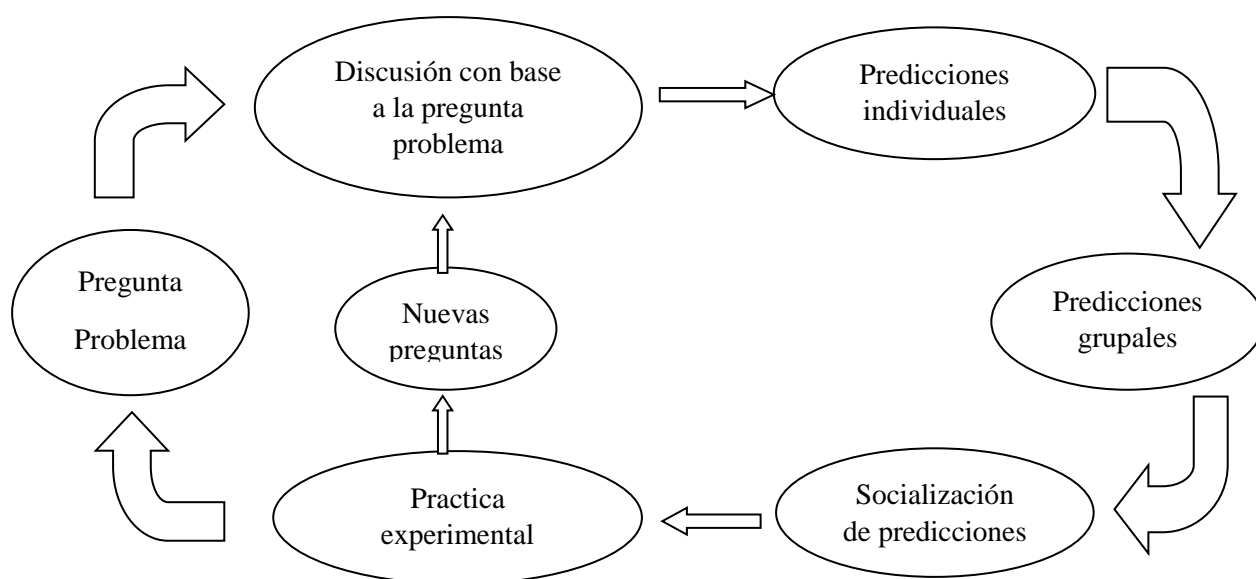
El anhelo es que este módulo permita a un docente mediar la relación entre el fenómeno físico y los participantes de las actividades, suscitando la participación, el sentido crítico y el activismo en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Con respecto al estudiante, el módulo sirve como guía para la ejecución de un grupo de actividades que con seguridad serán de mucho agrado y que permitirá entender conceptos propios de la física.

Finalmente se espera que este módulo proponga a los profesores una estrategia para el desarrollo de una clase en espacios de educación formal en la que los estudiantes ahora asuman un papel activo en el proceso de enseñanza y aprendizaje facilitando la apropiación de conceptos y saberes por medio de la creación de imaginarios y la experimentación.

Para la ejecución de los talleres se seguirá una metodología de aprendizaje activo la cual se caracteriza por asignar a los participantes un papel participativo en el proceso de enseñanza aprendizaje, es decir, ya no son solo receptores de la información sino que serán parte en el proceso de la construcción de conceptos. Para el desarrollo de las actividades se sigue la siguiente metodología:

7. *Planteamiento del problema:* El facilitador de la actividad expone el problema en torno al cual gira la actividad, este debe ser claro y entendido por los participantes pues con base a este se plantean hipótesis. La pregunta problema se plantea con el ánimo de tratar de recobrar ideas y pretorías frente a los fenómenos tratados.
8. *Predicciones:* Individual o en grupo se proponen algunas teorías y explicaciones del fenómeno físico propuesto en el problema, una solución o explicación de este. Las predicciones o imaginarios frente al problema no se busca que tengan un soporte teórico ni mucho menos un sustento matemático.
9. *Socialización:* Se expone a la totalidad del grupo las ideas individuales o las hipótesis sintetizadas de los grupos pequeños.
10. *Realización del experimento:* Luego de las predicciones y socialización de las mismas, se realiza el experimento, este puede ser de tipo demostrativo (realizado por el mediador) o experimental (desarrollado por los participantes). Siempre se busca que sean actividades experimentales de modo que los participantes puedan tener contacto con el fenómeno físico.
11. *Discusión:* Con base a las hipótesis iniciales y a lo visto en el experimento se discute sobre la explicación o descripción más acertada del fenómeno físico.

Este proceso se puede resumir mediante el siguiente grafico



Las actividades que componen este módulo tienen como eslogan “la armonía” siendo esta una cualidad que es agradable para nuestros sentidos. En el caso del Barófono se trata sobre la armonía del sonido (los sonidos agradables a nuestro oído), los péndulos danzantes tratan la armonía del movimiento (movimientos organizados y bellos) y las figuras de Chladni la armonía del sonido y el movimiento juntos.

Los módulos contienen una estructura detallada para el desarrollo de una clase en la que se aplica cada una de las 3 actividades mencionadas. Los recuadros rojos son recomendaciones de corte metodológicas hechas al profesor mientras que los azules son aspectos de tipo teórico sobre los cuales es necesario hacer énfasis.

Junto con los módulos se facilitan al docente los materiales para ser aplicados, algunos módulos recomiendan otras actividades para profundizar las cuales son opcionales y por tanto los materiales corren por cuenta del profesor que aplica los talleres.

Se espera que este módulo de actividades surta el mejor efecto en sus clases, motivando la investigación, el estudio de las ciencias y la participación de los estudiantes.

Para finalizar, agradezco la colaboración del profesor Fabio Omar Arcos Martínez, profesor del proyecto curricular de licenciatura en física y director de la pasantía y a Carlos Joel Perilla Jefe De Apropiación Social De Ciencia Y Tecnología de Maloka.

Barófono

Fabrica de sonidos

Previo al inicio de la actividad, establece un espacio en el que los participantes se sientan cómodos al manipular los Barófonos, para esto es aconsejable un salón con mesas amplias para apoyar el instrumento musical; Además, es necesario tener listos los materiales pero no visibles para que las preguntas y problemas que se propondrán no resulten obvias.

Reúne un grupo de 3 o 4 compañeros, ubíquense alrededor de una mesa, tomen una o dos botellas plásticas, háganlas sonar y respondan:

✓ *¿Cómo suena una botella?*

.....

✓ *¿Puede emitir sonidos distintos? ¿Cómo lograr eso?*

.....

Haga sonar una botella del kit de materiales tomándola por el pico e impidiendo la visibilidad de la tapa.

¿Escuchaste el sonido que emite la botella que uso el profesor? ¿Qué características tiene ese sonido? ¿Por qué fue diferente al de tu botella? Piensa en estas preguntas, discute en tu grupo y espera el momento en que el profesor abra el debate para que expongas tus ideas. (No subestimes tus hipótesis, estas son muy valiosas para todo el grupo)

Permita a los estudiantes discutir las hipótesis respecto a lo ocurrido, promueva la participación de TODOS los estudiantes, una forma puede ser pidiendo escribir una pequeña idea en un papel para luego ser leídos sin atribuir dicha idea a alguien.

Nuevamente haga sonar una botella esta vez permitiendo la visibilidad de la válvula.

¿Por qué todos los instrumentos musicales no suenan igual? Recuerda que esa característica del sonido es lo que se denomina "Timbre" y se debe a la intensidad relativa de los armónicos que produce cada instrumento. El sonido que percibimos de un instrumento musical es la suma de varios sonidos o armónicos superpuestos la diferencia entre los sonidos que producen 2 instrumentos musicales dependen de la forma del instrumento, el modo en que se toca, entre otras variables.

Ahora podemos pensar que la diferencia entre los sonidos es producida por el aire dentro de la botella pero, ¿qué tiene que ver el aire? ¿Cómo explicarías este fenómeno?

.....

.....

Después de todo lo anterior, ¿Crees que se puedan modificar los sonidos que emite una botella? ¿Se pueden producir sonidos más graves y sonidos más agudos? ¿Cómo podríamos hacerlo? Discute con los de tu grupo construyan un modelo que explique el fenómeno

Permita a los grupos exponer los modelos valorando las ideas de todos los grupos. Luego, Reparta por grupos una tapa-válvula y una bomba de inflar ciclas y especifique la forma de acoplarla a la válvula que está unida a la tapa

Con esa extraña tapa cierra la botella y usa la bomba para agregar aire al interior de la botella mientras uno de tus compañeros golpea la golpea luego de esto responde, ¿Cómo baría el sonido? ¿Cómo se producen sonidos más graves y como sonidos más agudos?

.....

Una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. La posición de "equilibrio" es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero. La velocidad de las vibraciones se denomina frecuencia y es una magnitud física que mide el número de repeticiones de un evento en función del tiempo:

$$f = \frac{\# \text{ de vueltas}}{\text{tiempo}} \rightarrow f = \frac{1 \text{ Vuelta}}{1s} = 1\text{Hz}$$

En el caso del sonido la frecuencia está relacionada con la vibración de las partículas en el aire, nuestro oído puede percibir las vibraciones cuya frecuencia están entre 20Hz hasta 20.000Hz.

¿Podríamos hacer una escala musical con botellas?, probemos de la siguiente forma:

Los materiales necesarios son:

- *Soporte para las botellas. El soporte es una estructura en madera que cuenta con 7 abrazaderas metálicas para asegurar las botellas plásticas.*
- *Botellas Plásticas.*
- *Válvulas sellomatic: Las válvulas están acopladas a las tapas evitando que el aire se escape del interior de las botellas.*
- *Bomba de aire: Bomba para inflar bicicletas con acople para valvula sellomatic.*
- *Baquetas: Puedes usar un esfero o palo delgado.*

¿Cómo construir este instrumento musical? Por medio del siguiente proceso...

1º. Tapa todas las botellas con las tapa-valvula asegurando que el aire no se escape de la botella.

2º. Asegura las botellas al soporte de madera con ayuda de las abrazaderas, estas reducen su diámetro al girar el tornillo en el sentido de las manesillas del reloj.

3º. Acopla la Bomba a la Válvula y bombea aire en su interior, para dejar escapar el aire basta con presionar el pistilo al interior de la válvula.



Ajusta los sonidos que emite cada botella hasta el punto de considerar que entre ellos se relacionan, busca sonidos que sean agradables a tú oído o armónicos y fabrica los sonidos que puedas.

Para finalizar la actividad exponga a los estudiantes las siguientes preguntas con el fin de profundizar en los conocimientos ¿Por qué las guitarras emiten diferentes sonidos? ¿Qué es la escala musical? ¿Cuál fue el proceso de formación de la escala musical?

Si es necesario, diseñe otros proyectos con los que se pueda ayudar a solucionar las dudas que generen esta actividad o las preguntas propuestas.

Para profundizar sobre los temas se aconsejan los siguientes enlaces.

- <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/CgT6/6CgT%2003.pdf>
- <https://ricuti.com.ar/no-me-salen/ondas/Ap-ond-11.html>

¡FELICIDADES!, HAS CONSTRUIDO UN INSTRUMENTO MUSICAL Y HAS DEJADO TU HUELLA AL FABRICAR LOS SONIDOS QUE TE AGRADAN.



Péndulos danzantes

Armonía del movimiento

En esta actividad las preguntas que se formulen serán discutidas y resueltas por medio de la experimentación una a una, así iremos construyendo algunos conceptos e ideas que nos permitirán entender el funcionamiento de los péndulos danzantes antes de evidenciar su danza.

Organice grupos de 3 o 4 personas para que en el tiempo de las hipótesis los estudiantes puedan discutir las ideas con mayor libertad y sin temor a expresarse.

Con tu grupo discute acerca de las siguientes cuestiones: ¿Qué es un péndulo o que lo compone? ¿Cómo describirías el movimiento de un péndulo? Con tu grupo unifiquen las ideas en una sola, escríbanla y esperen la indicación del profesor para socializarla a los demás.

.....

.....

Socialice con la totalidad de estudiantes las ideas sintetizadas en cada grupo, es indispensable que todos expongan las hipótesis, luego de esto muestre lo que es un péndulo y evidencie su movimiento.

Pensemos que tenemos dos péndulos igual de largos pero en uno colgamos una bola de bolos y en el otro una pelota de tenis, ¿Cuál se mueve con mayor “velocidad” y porque?

.....

En el movimiento de un péndulo la “velocidad” es mejor conocida como “frecuencia” y hace referencia a la cantidad de veces que el péndulo va y vuelve a la misma posición y función del tiempo. La unidad de medida son los Hertz (Hz).

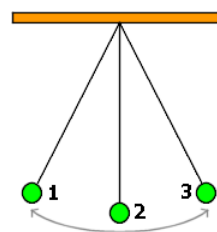
$$f = \frac{\# \text{ de vueltas}}{\text{tiempo}} \rightarrow f = \frac{1 \text{ Vuelta}}{1s} = 1\text{Hz}$$

Ahora pensemos en 2 bolas de bolos exactamente iguales que son puestas en los extremos de 2 cuerdas creando así un par de péndulos pero uno de ellos es el

doble de largo que el otro, ¿Cuál se mueve con mayor frecuencia y por qué crees que funciona así?

.....
.....

Cuando un péndulo se mueve decimos que el péndulo está "oscilando". Una oscilación es completada cuando la masa del péndulo inicia su recorrido en el punto 1, pasa por el punto 2, llega al punto 3 y hace el mismo recorrido de vuelta al punto 1. Hacer todo el recorrido desde 1 y volver al mismo punto se conoce como una oscilación.



Después de comprobar tus hipótesis experimentalmente ¿Qué puedes concluir? ¿El movimiento de un péndulo depende de la masa? Describe de qué forma afecta la longitud al movimiento de un péndulo. Apóyate en lo que pudiste observar para escribir una respuesta consensuada con tu grupo y socializarla.

.....
.....

Permita a los estudiantes socializar sus respuestas teniendo en cuenta a cada grupo.

Después de tener claros los conceptos de frecuencia, oscilación y la dependencia de la masa y la longitud, podemos pasar a la construcción de los péndulos danzantes. Los materiales que se requieren y el proceso es el siguiente:

- 12 esferas con una armella cada una para facilitar la forma de colgarlas.
- Un lienzo de madera para colgar de él los péndulos.
- 2 soportes universales para elevar los péndulos.

Luego de tener los materiales y estando dispuestos para el ensamble de los mismos piensa y escribe las características que deben tener los péndulos para que el movimiento de todos sea igual, luego piensa y escribe las características para que el movimiento de todos sea distinto.

.....
.....

Una última idea que es necesario recordar es el significado de "periodo". El periodo se define como el intervalo de tiempo que es necesario para completar una oscilación.

Ponga en funcionamiento los péndulos danzantes para que los estudiantes puedan analizar el movimiento de estos y puedan empezar a pensar una hipótesis respecto al fenómeno visualizado.

Después de ver la danza de los péndulos, describe en detalle lo que viste y crea una hipótesis que explique el porqué de la danza, comparte tus ideas en tu grupo de compañeros para socializar por grupos una posible solución al problema.

.....
.....

Es tiempo para que los estudiantes expongan sus ideas sobre el funcionamiento, descripción y explicación del fenómeno visualizado. Si es necesario, repita la experiencia varias veces.

Con tu grupo, asigna a cada integrante un péndulo para contar el número de oscilaciones que realiza en un minuto (escojan péndulos consecutivos), al finalizar la danza respondan ¿Qué relación hay en el número de oscilaciones entre uno y otro péndulo? ¿A qué se debe esta diferencia?

.....
.....

Si considera posible y necesario realizar el cálculo de las longitudes de los péndulos junto con los estudiantes, aquí encontrará la información para hacerlo.

http://www.unav.edu/documents/29007/8773000/danza_pendulos.pdf



TE ANIMO A ELABORAR TUS PROPIOS PÉNDULOS DANZANTES, ASÍ TE APROPIARAS MÁS DE TODO LO QUE APRENDISTE HOY.



Figuras de Chladni

La forma del sonido

Organice grupos de 3 o 4 integrantes con el ánimo de promover la participación y el trabajo en grupo además de permitir a los estudiantes expresar sus ideas y escuchar otras.

Con los demás integrantes de tu grupo piensen en las siguientes preguntas y escriban las ideas que surjan como soluciones a las mismas:

¿Qué es el sonido? ¿Cuáles sentidos utiliza el cuerpo para percibir el sonido?

.....
.....

En muchas ocasiones la música nos recuerdan momentos, producen en nosotros sentimientos de alegría o tristeza, calma nuestras preocupaciones y genera un montón de sentimientos ¿Te ha pasado?

Socialice con el grupo general las respuestas, puede hacerle una pregunta diferente a cada grupo.

Recordemos que el sonido Es un tipo de onda mecánica (es decir se desplaza en un medio) y produce variaciones en la presión del medio llegando hasta nuestro oído el cual reconoce esas variaciones como sonido. Las ondas viajan a través de nuestro oído haciendo vibrar el tímpano y este a su vez hace que los 3 pequeños huesos que componen nuestro oído (yunque, martillo y estribo) se muevan. Las vibraciones de estos tres pequeños huesos se transmiten hasta el oído interno a través de la cóclea la cual tiene un fluido que transforma las vibraciones en señales nerviosas y así nuestro cerebro interpreta esto como señales auditivas. El oído además puede distinguir las diferencias entre unos y otros sonidos dándoles un valor en cuanto a ciertas características:

- Intensidad: *Es la propiedad del sonido que nos permite captarlo como fuerte o débil.*
- Tono: *Es la característica que permite al oído determinar si un sonido es grave*

o agudo. Esta característica está determinada por la frecuencia; Los sonidos graves, corresponden a frecuencias bajas y los agudos a altas frecuencias.

- **Timbre:** *Es la cualidad que permite al oído distinguir sonidos procedentes de diferentes instrumentos aun cuando estos posean la misma intensidad y tono.*

¿Crees que al igual que con los sentimientos y emociones la música pueda afectar otras partes de tu cuerpo? ¿Cómo se siente el sonido cuando se te eriza la piel?

.....
.....

Algunos científicos plantearon la teoría de que la misma energía que tiene el sonido para quebrar una copa de vidrio tiene la capacidad de desintegrar las células cancerosas. ¿No sería esto genial?

Algunos estudiantes tal vez nunca hayan visto una copa de vino ser rota por el sonido, este link permite visualizar la experiencia y te brinda la información necesaria en caso de querer hacerlo con tus alumnos: <https://www.youtube.com/watch?v=Org4XB9SmkY>

Después de todo lo anterior, ¿Crees que el sonido se puede ver? ¿Qué forma tiene el sonido? Discute esto en tu grupo y socialízalo con todos, puedes usar ejemplos de la vida real para explicar tus ideas

Pida a cada grupo socializar las hipótesis respecto a la pregunta anterior. Después de que todos hayan participado de la discusión, con ayuda de los estudiantes realice el montaje del experimento aclarando la función de cada material.

Realizar el experimento llamado “Figuras de Chladni” requiere de los siguientes materiales

1. *Parlante: Un parlante al cual previamente se ha acoplado un tornillo que sujetará una lámina de acrílico.*
2. *Lámina de acrílico.*
3. *Generador de frecuencias*
4. *Arena: Esta evidenciará el efecto del sonido sobre la materia.*

Construcción del montaje experimental:

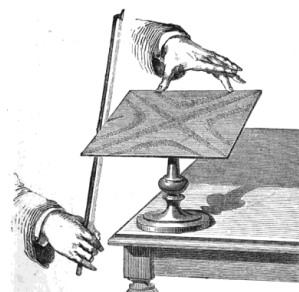
1º. Ajustar la lámina de acrílico al tornillo que esta acoplado al parlante de modo que el movimiento del parlante será el mismo que desarrollará la placa.

2º. Conectar el parlante al generador de frecuencias.

4º. Rociar arena sobre la placa.

5º. Producir con el generador las frecuencias a las cuales se forman las figuras.

El área trabajada se denomina "Cimática". La cimática es un área de la física que se centra en el estudio de las formas visibles del sonido o la forma en que el sonido afecta la materia. Erns Chladni comprobó esta teoría al visualizar el efecto del sonido sobre la materia usando una lámina metálica y haciéndola vibrar con un arco de violín.



¿Cómo se ve el sonido? ¿Cómo explicas este extraordinario fenómeno?, discute con tu grupo, plantea tus hipótesis y con tu grupo trata de crear un modelo que explique este fenómeno. Socializa las hipótesis con todo el grupo (recuerda que todas las ideas son válidas y muy valiosas).



Nuevamente, permita que los grupos uno a uno expongan sus ideas respecto a el experimento y las preguntas acerca de este. Luego de esto, repita el experimento pidiendo a los estudiantes que centren su atención en la placa, en las zonas donde hay y donde no hay arena.

En la placa se distinguen dos zonas, una donde la arena reposa porque la placa no se mueve y la segunda, donde la placa se mueve haciendo que los granos de arena se muevan, ¿Cómo puedes explicar esto?

.....
.....

Para explicar el fenómeno de la reflexión de las ondas puedes usar un resorte, asegurar uno de sus extremos y generar una onda pulsándolo, en este video puedes hacerte una idea para desarrollar la experiencia o lo puedes usar para que tus alumnos vean el fenómeno, esto les dará ideas acerca de lo que ocurre en la placa

<https://www.youtube.com/watch?v=Hmsoizyqahw>

Sin duda son las ondas que viajan por la placa las responsables de las figuras, las ondas se forman en el centro de la placa y se desplazan por ella (tal cual como una piedra al caer al agua forma ondas), ¿Crees que ocurre con las ondas al llegar al borde de la placa?

.....

La superposición de ondas se podría decir que surte dos efectos:

Interferencia constructiva

Dos ondas en las que las crestas y los valles de estas coinciden en los mismos puntos. En este caso las ondas se suman para formar una sola onda cuya amplitud será la suma de cada una de estas.

$$Y = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + \phi)$$

$$Y = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t)$$

$$Y = 2A \sin(kx - \omega t)$$

Estas representarían las zonas donde la placa vibra.

Interferencia destructiva.

Este es el caso en el que el desfase entre las ondas es diferente de 0; es decir,

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t); \quad y_2 = A \sin(kx - \omega t + \phi)$$

Al haber zonas en las que la placa no vibra quiere decir que la diferencia de fase entre ambas ondas debe hacer que las ondas se anulen por completo es decir el desfase entre ambas es de π :

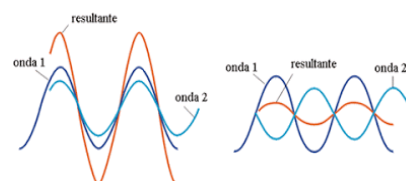
$$y_2 = A \sin(kx - \omega t + \pi); \quad y_2 = -A \sin(kx - \omega t)$$

Al sumar las dos ondas se tendrá:

$$Y = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx - \omega t)$$

$$Y = 0$$

Estas serían las zonas en las que la placa no vibra.



Este experimento es posible desarrollarlo con materiales más sencillos de conseguir, necesitaras solo un tarro plástico, una bomba, cartulina y algunas ligas o cauchos. El proceso es el siguiente:

1º. *Tapar la boca del recipiente o tarro plástico con la bomba.*

2º. *Cortar una tira de cartulina de unos 5cm de ancho y de un poco más del largo del perímetro de la boca del tarro. Ajustar la tira de cartulina alrededor de la boca del tarro, esto para evitar que la arena se derrame por los bordes del tarro.*



3º. Con una tira de cartulina esta vez de unos 15cm de ancho por 30cm de largo, hacer un cilindro por el cual se producirán los sonidos al interior del tarro.

4º. Esparcir un poco de arena sobre la membrana o bomba y hacer sonidos con tu boca amplificándolos con el cilindro cuyo extremo está.

Si ve necesaria la realización de este experimento casero, puede desarrollarlo con los estudiantes y reforzar las ideas acerca de lo que son las vibraciones, las ondas y la superposición de estas.

¿Que hace que cambien las formas de las figuras creadas por la arena? Esta respuesta puede ser comprobada al hacer sonidos distintos en tu nuevo experimento.

¡FELICIDADES!, HEMOS LLEGADO AL FINAL DE LA ACTIVIDAD, TU PUEDES SEGUIR EXPERIMENTANDO Y CONSTRUYENDO FIGURAS TENIENDO EN CUENTA LAS CAUSAS Y PENSANDO EN LOS CONCEPTOS DE VIBRACIÓN, ONDA, FRECUENCIA Y SUPERPOSICIÓN DE ONDAS.

