

Efecto de la frecuencia e intensidad sonora sobre el estado físico de los fluidos no-newtonianos

I.E.S Cardenal Cisneros

Biología y Geología / Física y Química

Fecha final de entrega: 6 de mayo de 2020

Índice

1.	Introducción.....	3
2.	Objetivo e hipótesis.....	5
3.	Materiales y métodos.....	6
4.	Experimentación y resultados.....	8
5.	Análisis de resultados.....	12
6.	Conclusiones y discusión de los resultados.....	14
7.	Bibliografía.....	16
8.	Anexo.....	17
9.	Agradecimientos.....	18

1. Introducción

Como objetivo a lo largo de este curso nos hemos propuesto estudiar el comportamiento de los fluidos no-newtonianos frente a la acción de fuerzas externas, más concretamente de ondas sonoras. La idea principal del proyecto es someter estos fluidos a la acción de distintas frecuencias e intensidades sonoras emitidas por un altavoz para comprobar si el fluido cambia a estado sólido y si mantiene al mismo tiempo su forma definida. Emplearemos tres tipos distintos de fluidos no-newtonianos, recogiendo los resultados en una tabla y grabando la experimentación.

Fluidos no-newtonianos

Los fluidos no-newtonianos son aquellos cuya viscosidad varía con la temperatura y tensión cortante que se le aplica. Es decir, un fluido que, al aplicar presión sobre él, cambia a estado sólido. Por ello, un fluido no-newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, al contrario que los fluidos newtonianos. Se denominan así porque su comportamiento es opuesto al enunciado por la ley de Newton: “El esfuerzo de corte es proporcional al gradiente de velocidad o velocidad de corte”.

Los fluidos no-newtonianos se dividen en tres categorías: aquellos con un comportamiento independiente del tiempo, en los cuales el esfuerzo de corte sólo depende de la velocidad de corte (puré de tomate, dulce de leche, sangre, etc.); aquellos con un comportamiento dependiente del tiempo, cuya viscosidad aparente no sólo depende de la velocidad de corte sino también del tiempo durante el cual actúa la tensión (aceite de petróleo, clara de huevo); y los fluidos viscoelásticos, que exhiben propiedades elásticas y viscosas.

Sonido, frecuencia e intensidad sonora

El sonido se define como la sensación o impresión producida en el oído por un conjunto de vibraciones que se propagan por un medio elástico, como el aire o el agua. Una onda es un movimiento periódico que se propaga en un medio físico o en el vacío, y la onda sonora es aquella originada por la vibración de un cuerpo que transmite el sonido.

Se denomina frecuencia al número de repeticiones de un fenómeno por unidad de tiempo. La frecuencia del sonido, que posee un patrón ondulatorio, indica el número de ciclos de la onda repetidos por segundo. La frecuencia sonora se expresa en hercios (Hz), en honor al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, y es sólo uno de los parámetros del sonido. El otro parámetro que estudiaremos será la intensidad sonora, definida como la potencia acústica transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación, y conocida por la fórmula: $I = \frac{A}{N}$, siendo A la potencia acústica y N el área normal a la dirección de propagación. Para medir la intensidad sonora se utiliza un aparato llamado decibelímetro.

Tanto la intensidad como la frecuencia sonora afectan a los fluidos no-newtonianos, ya que actúan como tensión cortante y producen en éstos un cambio de estado (es decir, la evolución de la materia entre varios estados de agregación sin que ocurra un cambio en su composición) mediante vibraciones en forma de onda. Esto es posible ya que, al desplazarse las ondas sonoras a través de un medio físico, generan una oscilación en las partículas que atraviesan a su paso.

2. Objetivo e hipótesis

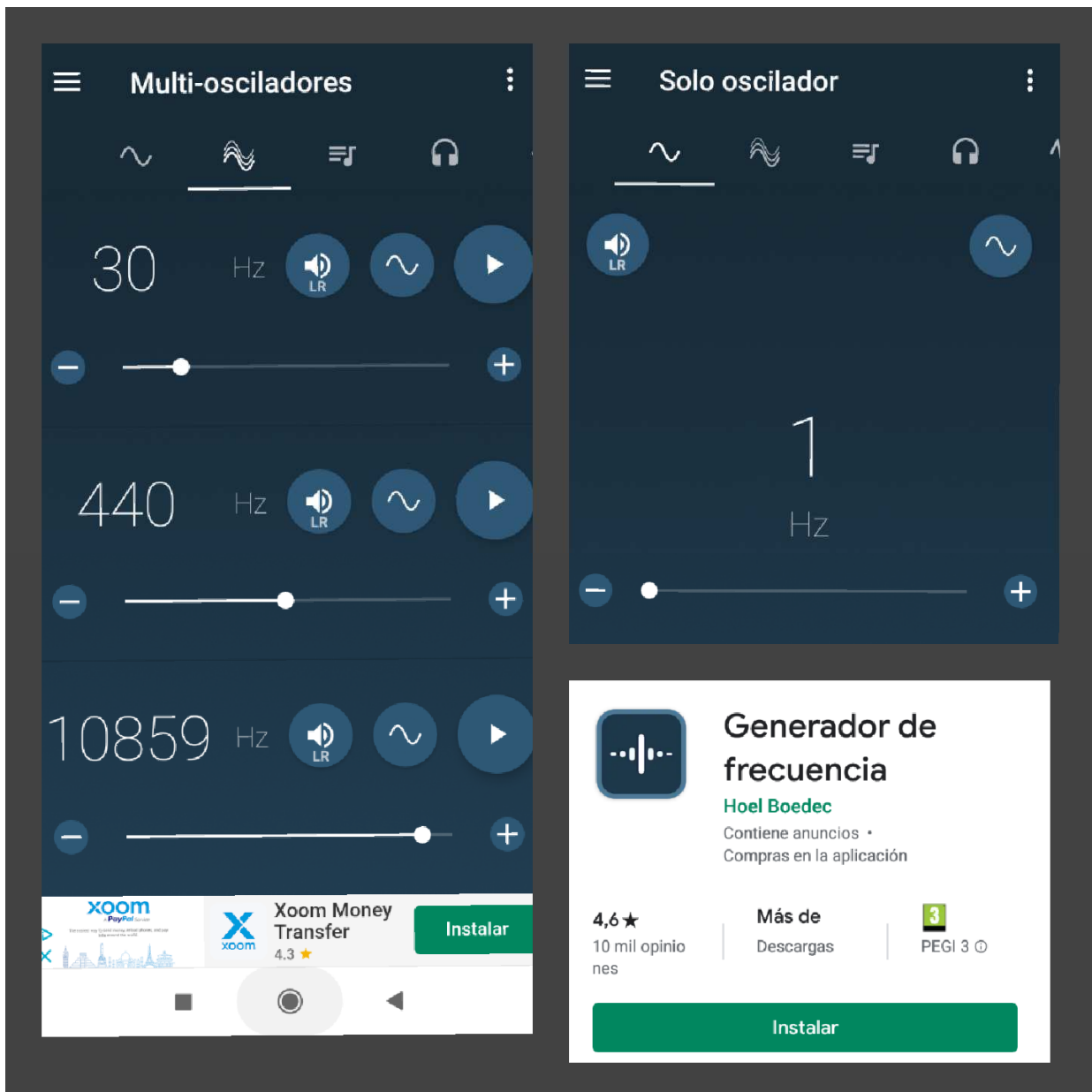
Las frecuencias e intensidades sonoras afectan de diferente manera a las características de los fluidos no newtonianos:

- a mayor intensidad sonora, mayor fuerza de unión sobre las partículas de la masa sólida, por lo que se apreciaría una consistencia mayor.
- a menor intensidad sonora, menor fuerza de unión sobre las partículas del fluido, por lo que se apreciaría una consistencia menor.
- a mayor frecuencia sonora (agudos), mayor movimiento del fluido.
- a menor frecuencia sonora (graves), menor movimiento del fluido.

3. Materiales y métodos

Los materiales que hemos empleado en el experimento son los siguientes:

- Fluido 1: oobleck o mezcla de agua y maicena. Se vierte en un recipiente una taza de harina de maíz y, según se va removiendo, media taza de agua (proporción 2:1, en función de la cantidad de mezcla que se quiera obtener). Tras haber acabado de echar el agua, se sigue removiendo hasta que no queden grumos y adquiera una textura viscosa.
- Fluido 2: flubber o slime. Se vierten 150 ml de champú en una bolsa con cierre hermético y se le añaden dos pizcas de sal (2 gramos). Tras cerrarla, se coloca en un recipiente con hielo, de manera que la bolsa quede sumergida en este y totalmente cubierta. En 15 minutos el slime ya está listo.
- Fluido 3: miel de milflores (marca Alcampo)
- Film de plástico para cubrir al altavoz
- Un altavoz con una potencia de 10 W
- Una aplicación denominada “Generador de frecuencias” (desarrollada por Hoel Boedec) instalada en un móvil que conectamos al altavoz mediante bluetooth. Hemos controlado las dos variables con las que queríamos experimentar (intensidad y frecuencia sonora) de la siguiente forma:
 - la aplicación permite emitir distintas frecuencias sonoras, bien de manera continua en una frecuencia concreta, bien in crescendo, desde 0 Hz hasta el valor deseado. A continuación incluiremos alguna captura de pantalla para que se vea de manera más clara el funcionamiento de la aplicación.



- la intensidad la hemos controlado a través del volumen del móvil. En las experimentaciones tres fluidos con los que experimentamos, lo hicimos primero con frecuencia baja, luego media y finalmente alta.

- Una cámara para grabar la experimentación.

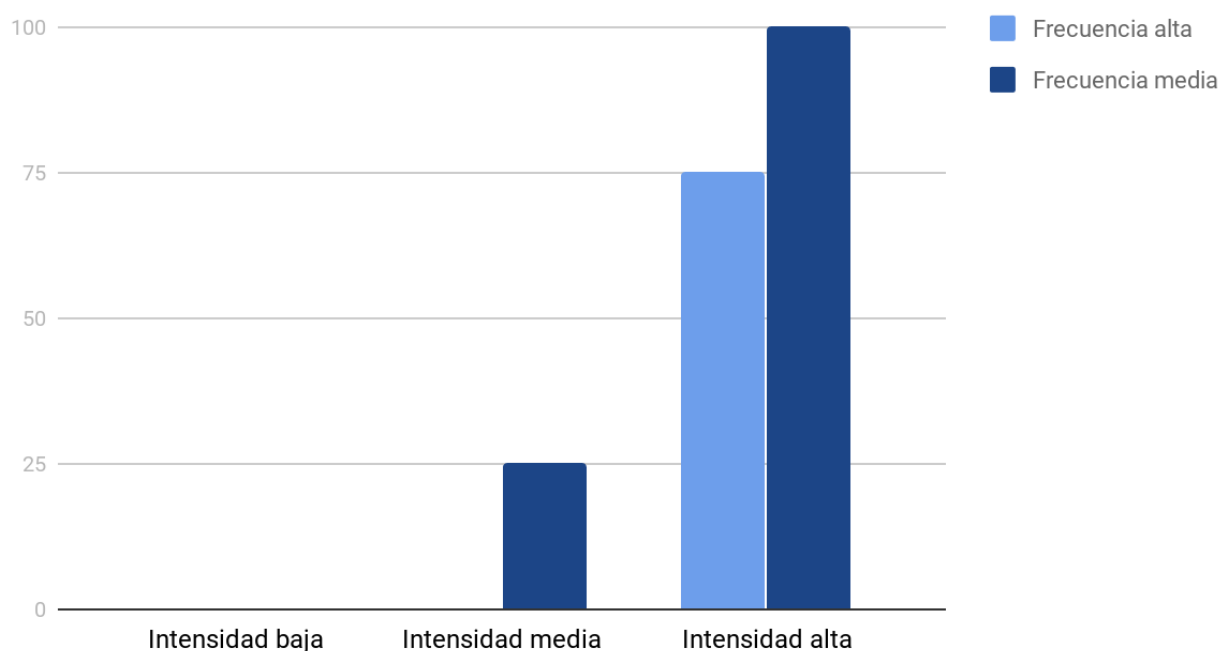
El experimento consiste en colocar uno a uno los tres fluidos no-newtonianos que hemos escogido sobre un altavoz, previamente recubierto con una capa de film de plástico. Hemos ido reproduciendo diferentes intensidades de sonido (alta, media y baja) a diferentes frecuencias (alta, media y baja) a través de la aplicación para observar si se cumple o no nuestra hipótesis.

4. Experimentación y resultados

.Resultados del fluido 1 (maicena y agua):

	FRECUENCIA BAJA	FRECUENCIA MEDIA	FRECUENCIA ALTA
INTENSIDAD BAJA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD MEDIA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	Se produce un ligero movimiento ascendente y descendente, casi imperceptible.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD ALTA	A partir de 56 Hz el fluido comienza a vibrar con intensidad y las partes del mismo se van agrupando y comienzan a adquirir una forma sólida cambiante.	Es el punto culminante de movimiento de la masa sólida cambiante. En estas condiciones, pequeñas gotas salen despedidas en todas direcciones.	La masa sólida comienza a “desagruparse” (a aproximadamente 100 Hz), volviendo a adquirir un aspecto aparentemente líquido.

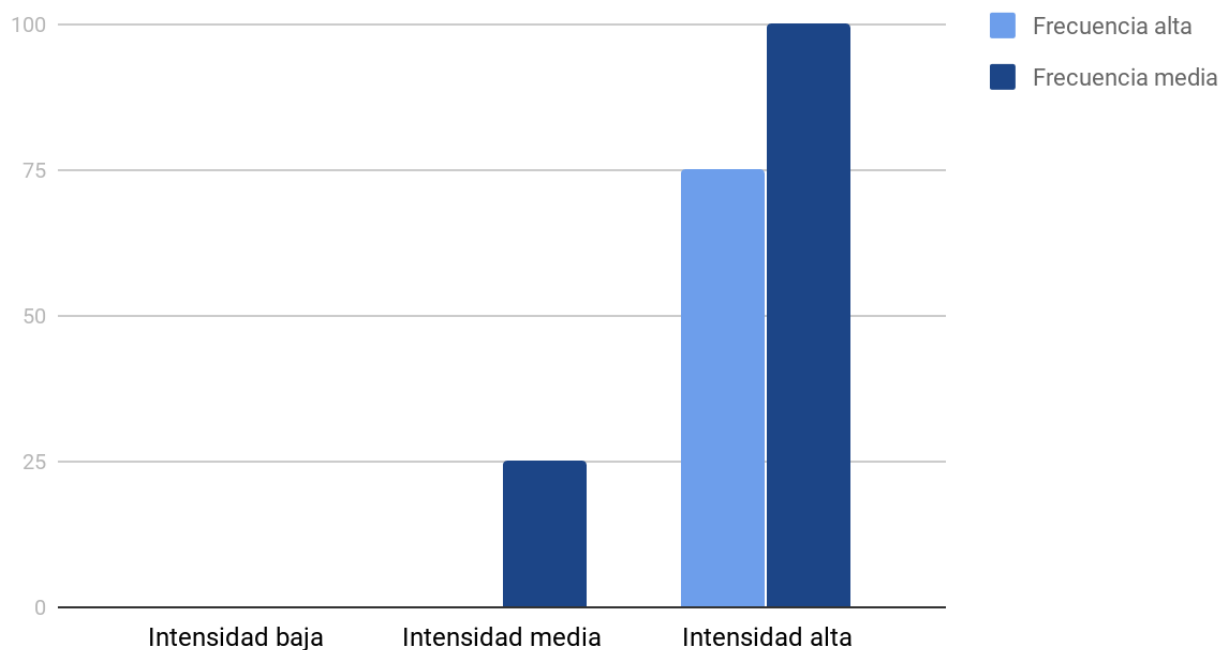
Fluido 1



Resultados del fluido 2 (slime):

	FRECUENCIA BAJA	FRECUENCIA MEDIA	FRECUENCIA ALTA
INTENSIDAD BAJA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD MEDIA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	Se produce un ligero movimiento ascendente y descendente, casi imperceptible.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD ALTA	A partir de 56 MHz el fluido comienza a vibrar con ligeramente menos intensidad que el oobleck y las partes del mismo se van agrupando y comienzan a adquirir una forma sólida cambiante.	Es el punto culminante de movimiento de la masa sólida cambiante. En estas condiciones, pequeñas gotas salen despedidas en todas direcciones.	La masa sólida comienza a “desagruparse” (a aproximadamente 100 Hz), volviendo a adquirir un aspecto aparentemente líquido.

Fluido 2



Resultados del fluido 3 (miel):

	FRECUENCIA BAJA	FRECUENCIA MEDIA	FRECUENCIA ALTA
INTENSIDAD BAJA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD MEDIA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.
INTENSIDAD ALTA	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.	No se observa ningún movimiento sobre la superficie del fluido.

Fluido 3



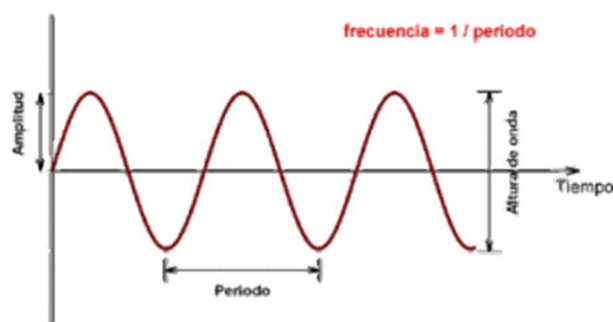
Comentarios adicionales

- Esta experimentación fue realizada el día 26 de enero de 2020
- El eje Y de las gráficas empleadas representa el valor del grado de movimiento del fluido, tomando 25 como “un ligero movimiento ascendente y descendente”, 75 como “punto en el que la masa, a pesar tener todavía una apariencia sólida y estar moviéndose, ya comienza a desagruparse”, y 100 como “el punto culminante de movimiento de la masa sólida cambiante”.
- En el gráfico de barras de los fluidos 1 y 2 (puesto que éstos son iguales) se puede apreciar que:
 - En intensidad baja, el fluido no se ve alterado.
 - En intensidad media, el fluido se ve únicamente alterado con frecuencia sonora media, produciéndose un ligero temblor (movimiento ascendente y descendente, casi imperceptible).
 - En intensidad alta, el fluido reacciona tanto a la frecuencia media como alta, aunque de manera más apreciable en la media.
- Adicionalmente probamos con diferentes tipos de música (dembow, reggaetón y música electrónica), y hemos comprobado que los fluidos 1 y 2 (oobleck y slime) reaccionan únicamente a los bajos de las canciones, vibrando y reagrupándose, mostrando un aspecto aparentemente sólido. El fluido 3 (miel), contrariamente, no reaccionó ni siquiera a los bajos.
- Toda esta experimentación ha sido grabada y será subida en un documento aparte (consultar anexo)

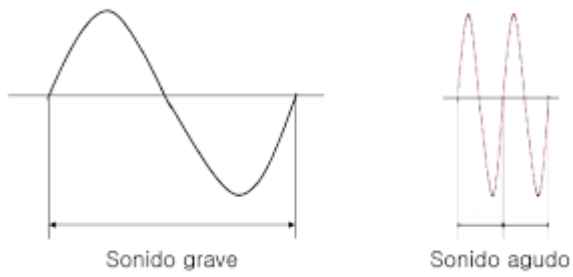
5. Análisis de resultados

Como hemos podido comprobar, los fluidos 1 y 2 han reaccionado únicamente con intensidad media (y frecuencia media) e intensidad alta (y frecuencia media y baja).

La intensidad depende de la amplitud de la onda. A mayor intensidad, mayor amplitud de onda, y a mayor amplitud de la onda, mayor valor alcanza ésta. Los fluidos no-newtonianos reaccionan a intensidades altas, pues es sólo entonces cuando el valor que alcanza la onda es lo suficientemente alto como para que el fluido reaccione, actuando la intensidad como tensión cortante y cambiando el fluido a estado sólido. Al actuar la intensidad como tensión, este estado es sin embargo muy inestable, por lo que a nuestros ojos se ve como sólido cambiante. Es decir, cuanto más alta sea la amplitud, más vibración se detectará en el fluido.



La frecuencia depende de la periodicidad de la onda, es decir, del número de veces que esta se repite por unidad de tiempo. Si la frecuencia sonora es alta (sonidos agudos), la periodicidad también lo es, y se crea una constante de valor positivo, por lo que el fluido no reacciona a la frecuencia como tensión, sino que se mantiene en una situación de estabilidad como fluido, sin pasar a estado sólido. Cuando la frecuencia sonora tiene valores más bajos, al fluido “le da tiempo a reaccionar” a las variaciones ascendentes y descendentes de la onda, pues la periodicidad es demasiado baja como para que se cree una constante.



El fluido 3 (miel), como hemos podido comprobar a través de los experimentos ya realizados, es una excepción. Su densidad es muy alta, es decir, sus partículas están muy unidas, lo que dificulta que las vibraciones sonoras la atraviesen generando movimiento o vibraciones en sus partículas.

6. Conclusiones y discusión de los resultados

Como hemos podido comprobar a través de la experimentación realizada, nuestra hipótesis inicial era errónea casi en su totalidad.

Al contrario de lo que esperábamos obtener, a menor frecuencia sonora (partiendo siempre de que es necesario un valor mínimo para el cambio de estado) no hay menor movimiento del fluido, sino que es entonces cuando se aprecia una “mayor consistencia”, es decir, adquiere forma de un sólido cambiante. Por este motivo, a mayor frecuencia sonora no hay mayor movimiento del fluido, sino que éste vuelve a su estado original (fluido en lugar de sólido cambiante), apreciándose entonces una “menor consistencia”.

Parcialmente acorde a lo que esperábamos obtener, a mayor intensidad sonora no sólo se aprecia una consistencia mayor, es decir, un cambio de estado (cosa que podemos afirmar basándonos en los resultados obtenidos, aunque sea más bien debido a la frecuencia empleada en cada caso), sino que se produce además un movimiento visible de la masa. Por contra, a menor intensidad sonora, no se produce un cambio de estado y no se observa un movimiento de la susodicha masa.

Por ello podemos afirmar que:

- cuanto menor sea la frecuencia sonora aplicada a fluidos no-newtonianos como tensión cortante, más notable será el cambio de estado de fluido a sólido cambiante y viceversa.
- cuanto mayor sea la intensidad sonora aplicada a fluidos no-newtonianos como tensión cortante, más notable será el movimiento de la masa y viceversa.
- ambas variables se encuentran relacionadas. Es necesario que haya una intensidad mínima para que se produzca el cambio de estado visible, causado por la frecuencia.

Dentro de los resultados a discutir se hallan también los materiales a los que tuvimos acceso. Éstos restringieron enormemente los resultados de la experimentación, puesto que hubiesen sido mucho más visibles de haberse realizado en otras circunstancias. La potencia del altavoz ha sido el principal elemento que ha limitado el alcance de nuestros hallazgos, pues el comportamiento de los fluidos no-newtonianos se hubiese manifestado con mayor movimiento de haber sido la potencia mayor. En definitiva, si hubiésemos tenido acceso a un altavoz de gran potencia habríamos podido visibilizar mejor el comportamiento de los fluidos ante la acción de altas, medias y bajas frecuencias e intensidades sonoras.

También tuvimos alguna dificultad menor a la hora de combinar adecuadamente las proporciones de materiales para la fabricación del fluido 2, puesto que las instrucciones que encontramos no eran todo lo precisas que hubiésemos deseado. Esto causó que nos viésemos obligadas a descartar el primer “slime” que hicimos: habíamos mezclado cola blanca, detergente en polvo y líquido de lentillas. Finalmente elegimos, con resultados óptimos, la mezcla de champú, sal y hielo.

A pesar de todas estas dificultades menores y circunstancias, los resultados del experimento nos han permitido concluir satisfactoriamente nuestra investigación.

7. Bibliografía

Fluido no newtoniano. En Wikipedia. Recuperado el 5 de octubre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Fluido_no_newtoniano

Luis A. Sánchez Madera, (2016). “Clasificación de los fluidos no newtonianos”. Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza. Consultado el 7 de noviembre de 2019. <https://www.academia.edu/26644920/CLASIFICACION%20DE%20LOS%20FLUIDOS%20NO-NEWTONIANOS>

“Clasificación de los fluidos no-newtonianos”. La Plata: Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería. Consultado el 7 de noviembre de 2019.

“Frecuencia (sonido)”. Comisión Europea (ec.europa.eu). Glosario. Consultado el 5 de diciembre de 2019. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/perdida-audicion-reproductores-musica-mp3/glosario/def/frecuenciasonido.htm

Intensidad de sonido. En Wikipedia. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Intensidad_de_sonido

Lega Lladós, F. (2015). Creación sonora sobre fluidos. Barcelona, Research, Art, Creation, 3(2), 122-158. doi: 10.17583/ brac.2015.1390. <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-CreacionSonoraSobreFluidos-5097536.pdf>

“Sonido”. Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española (RAE). <https://dle.rae.es/sonido>

“Onda”. Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española (RAE). <https://dle.rae.es/onda>

8. Anexo

Los vídeos relativos a la experimentación realizada se incluyen aparte como archivos adjuntos.

Son nueve:

- en el primero se observa la reacción del primer fluido (maicena y agua) con intensidad alta (es decir, el volumen al máximo) a una frecuencia alta, media y baja
- en el segundo se observa la reacción del primer fluido con intensidad alta a una frecuencia media (entre 60 y 9 Hz) para apreciar únicamente el movimiento de la masa
- en el tercero se observa la reacción del primer fluido con intensidad alta incrementando progresivamente la frecuencia
- en el cuarto se observa la reacción del segundo fluido (slime) con intensidad alta incrementando progresivamente la frecuencia
- en el quinto se observa la reacción del segundo fluido con intensidad baja incrementando progresivamente la frecuencia
- en el sexto se observa la reacción del segundo fluido con intensidad alta a una frecuencia media (entre 60 y 9 Hz) para apreciar únicamente el movimiento de la masa
- en el séptimo se observa la reacción del tercer fluido (miel) con intensidad baja incrementando progresivamente la frecuencia
- en el octavo se observa la reacción del tercer fluido con intensidad media incrementando progresivamente la frecuencia

- en el noveno se observa la reacción del segundo fluido con intensidad alta a una frecuencia media (entre 60 y 9 Hz) para apreciar únicamente la casi imperceptible vibración de la masa

9. Agradecimientos

Nos gustaría hacer constar nuestro especial agradecimiento a los profesores de Biología y Geología y Física y Química del instituto Cardenal Cisneros, José Ángel de Juan y Sergio Medina Repiso, respectivamente, por el apoyo y su involucración en el presente proyecto de investigación, ayudándonos siempre a avanzar por el buen camino y aconsejándonos cuando lo veían necesario.

De igual manera agradecemos a Adbel-Kader Vásquez, familiar de una de las participantes del grupo y profesor de Física y Química de secundaria, su ayuda a la hora de afinar el tema del trabajo (cómo afectan las distintas frecuencias e intensidades sonoras a los fluidos no-newtonianos en lugar del estudio a secas de los ya mencionados). Asimismo, merecedor también de una mención es Ildefonso Olmedo, que nos ha auxiliado con la revisión y corrección de los textos.