

Captación, sonificación y audificación de ondas electromagnéticas del espacio

Jacobo Verdú Cabello estudiante de 1º y 2º bachillerato de la materia “Jóvenes con Investigadores” Cursos 2020/2022 IES “Martín Rivero” de Ronda-Málaga

Tutores: Marcos Naz Lucena y Mercedes Ávila Ávila

1. Resumen/ Abstract	3
2. Introducción	4
3. Finalidad	5
4. Objetivos	5
5. Fundamentos Teóricos	5
6. Audificación y Sonificación	12
6.1 Audificación	12
5.2 Sonificación	16
7. Cuerpo de trabajo	18
7.1. Asignación de significado a las variables.	19
7.2 Emisión de una o más hipótesis	20
7.3 Diseño del trabajo de campo, documental y/o de laboratorio	21
7.4 Desarrollo del trabajo de campo, documental y/o de laboratorio	21
7.5 Diseño del utillaje experimental y/o de los instrumentos de recogida de información.	21
7.6 Tratamiento de resultados	22
8. Conclusiones	22
9. Valoración personal.	23
10. Agradecimientos	24
11. Bibliografía	24

1. Resumen/ Abstract

Igual que nuestros antepasados, vamos en busca de lo nuevo, por lo tanto, debemos conocer cómo son nuestros objetivos, la luna, el sol y demás astros. Desde primaria nos enseñan cómo es el sol y la luna, también sus propiedades pero no como suenan estos cuerpos celestes. Basándonos en investigaciones anteriores hechas por la Nasa y Alejandra Bueno, investigadora cuyo trabajo nos sirvió como guía, se fue creando la idea de la sonificación de ondas electromagnéticas a base de materiales y herramientas más básicas, de menor complejidad.

La luz blanca que nos llega del espacio es una onda electromagnética porque puede trasladarse por el Universo sin necesidad de un material que la transporte. En general son ondas no audibles y sólo detectables por instrumentos complejos solo al alcance de centros de investigación y universidades. Sin embargo, en los últimos tiempos se han presentado maneras sencillas y posibles de captar distintos tipos de ondas electromagnéticas y convertirlas en señales audibles, proceso denominado “sonificación”.

La sonificación es un campo de investigación muy joven, este trata de convertir valores numéricos en sonido. A su misma vez la audificación es un término no muy empleado que consiste en convertir algo que ya era audible pero no perceptible, en perceptible. Aplicando estos conceptos es como en esta investigación se ha tratado de captar, sonificar y audificar tanto cuerpos celestes como elementos y sitios de la vida cotidiana.

Este trabajo pretende “oir” el Sol y la Luna, mediante un dispositivo preparado en nuestros laboratorios del IES

Palabras clave: *Sonificación, audificación, cuerpos celestes, ondas electromagnéticas.*

Abstract:

Like our ancestors, we are looking for the new, therefore, we must know what the objectives are like. From elementary school they teach us what the sun and the moon are like, also their properties but not what these celestial bodies sound like. Based on previous research done by NASA and Alejandra Bueno, researcher whose work used as a guide, the idea of the sonification of electromagnetic waves based on more basic materials of less complexity was created.

The white light that comes to us from space is an electromagnetic wave because it can travel through the Universe without the need for a material to transport it. In general, they are non-audible waves and only detectable by complex instruments only

available to research centers and universities. However, in recent times, simple and possible ways have been presented to capture different types of electromagnetic waves and convert them into audible signals, a process called “sonification”.

Sonification is a very young field of research, it tries to convert numerical values into sound. At the same time audification is a term not widely used that consists of converting something that was already audible but not perceptible, into perceptible. Applying these concepts is how this research has tried to capture, sound and audit both celestial bodies and elements and places of everyday life.

This work pretends “to hear” the sun and the moon, through a device prepared in our School lab

Keywords: *Sonification, audification, celestial bodies, electromagnetic waves.*

2. Introducción

Como dijo Galileo Galilei “La mejor ciencia no se aprende en los libros, el sabio más grande y mejor maestro es la naturaleza” tomando ejemplo de esta frase es como esta investigación fue diseñada.

Desde la antigüedad los seres humanos han utilizados sus instintos y sentidos para determinar si el lugar a donde iban era peligroso adecuado y demás. Sin embargo hemos evolucionado, hemos cambiado: las lanza de piedra por cohetes y la necesidad de comer por la necesidad de conocer, es así como mediante la evolución hemos llegado a la era de la exploración espacial.

Nuestros antepasados homínidos, aún no teniendo un desarrollo cerebral tan avanzado como el nuestro, analizaban el lugar donde probablemente cazarían o vivirían en un futuro. Años más tarde seguimos estudiando donde vamos a vivir ya sea un nuevo hogar en una ciudad diferente o en un planeta, para ello las formas de determinar si un lugar es correcto o no, han evolucionado con nosotros, en lugar de ir agazapados con una lanza, hemos sustituido esta herramienta por una antena. Esta nos ayuda a recabar los datos procedentes de cualquier fuente de señales electromagnéticas, determinar el peligro y de forma paralela, mediante diversos procesos, hacerlas audibles o sonificarlas.

En ocasiones cuando en una estrella se producen explosiones de una magnitud considerable parte de ella escapa al espacio. En nuestro caso, cuando en el sol se produce una explosión así se producen las llamadas tormentas geomagnéticas o tormentas solares, estas a su vez al estar inducidas a un calor extremo generan ondas electromagnéticas. Con una antena y ambas técnicas (Sonificación, Audificación) ,pueden ser recabadas dichas ondas y posteriormente ser sonificadas o audificadas.

Por otro lado, dichas ondas también pueden generar problemas, por ejemplo los derivados de la hipersensibilidad electromagnética, a pesar de no ser un campo en el que se haya focalizado una gran cantidad de recursos económicos para la investigación, esta puede convertirse en un problema para la salud humana en el futuro.

“Nuestras más ligeras contemplaciones del cosmos nos hacen estremecer: sentimos como un cosquilleo nos llena los nervios, una voz muda, una ligera sensación como de un recuerdo lejano o como si cayéramos desde gran altura. Sabemos que nos aproximamos al más grande de los misterios.” Carl Sagan.

3. Finalidad

La finalidad de esta memoria está asociada a la curiosidad científica por conocer qué es lo que nos rodea. A su vez también tiene la finalidad de dar a conocer como con un instrumental más básico y limitado es posible la implementación de estas técnicas (A/S), mediante la preparación de un dispositivo capaz de recoger ondas electromagnéticas y una serie de herramienta que posteriormente las transforme, siguiendo las palabras del científico Albert Einstein que afirma que la imaginación es más importante que el conocimiento.

4. Objetivos

Como objetivos principales de la investigación se planteó, primero el de la construcción de un aparato que pueda medir/recoger ondas electromagnéticas de cualquier sitio, tras completarlo se propusieron dos objetivos que eran sonificar y audificar ondas electromagnéticas terrestres (Wifi, luz, el campo electromagnético de un imán...) y posteriormente las ondas electromagnéticas producidas por astros lejanos.

En un principio el objetivo de audificar y sonificar astros lejanos a nuestro planeta fue limitado debido a los recursos de los que se disponían, por ello esta investigación centró la atención en los astros con una relación distancia/tamaño más alta.

Además este proyecto tiene como objetivo secundario el de la medición de ondas electromagnéticas en el entorno cotidiano.

5. Fundamentos Teóricos

Para entender el funcionamiento de los procedimientos y de la investigación en sí, deberemos entender diversas cosas. Los conceptos de: Sonificación, Audificación, Ondas, Que es la amplificación de ondas, funcionamiento del programa “xSonify” y cómo funcionan las antenas parabólicas.

- a) **La sonificación** es una disciplina relativamente nueva y muy joven en cuanto a investigación se refiere, esta trata de desarrollar herramientas que permitan la transformación de cualquier tipo de información en sonido, es decir, consiguen emplear el sonido para transmitir o comunicar información. Hay tres tipos de sonificación, pero esta investigación solo se centra en la sonificación de datos.

Nuestro cerebro está acostumbrado a interpretar otro tipo de datos por ello cuando hay una elevada cantidad de información/datos se utiliza esta herramienta para la simplificación del proceso de entendimiento.

- b) **La audificación** es otro campo no tan joven como la sonificación, pero que no es muy frecuente en el campo de la investigación. La audificación consiste en convertir algo que ya era audible pero no perceptible, en perceptible. En otras

palabras, se trata de amplificar una señal audible hasta los rangos de la percepción auditiva de un ser humano.

Para ello hemos de saber que el ser humano es capaz de escuchar ondas en torno al rango de 20-2000 Hz, sin embargo hay más sensibilidad en torno al rango de 2000-5000 Hz

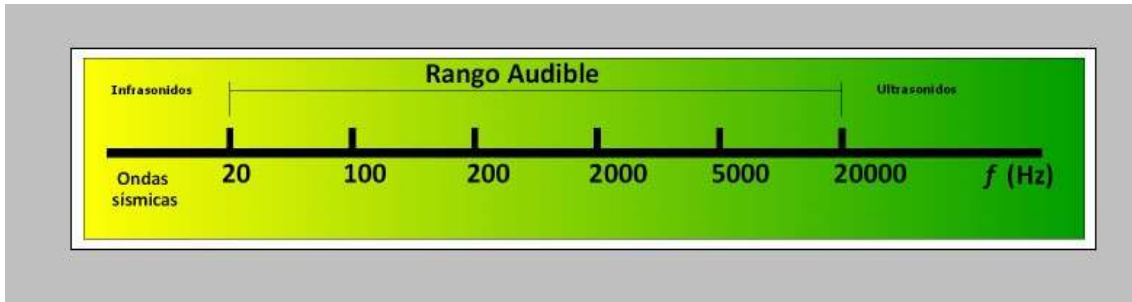


Imagen 1: Rango de percepción de ondas sonoras

Esta imagen puede estar sujeta a derechos de autor [Sitio web](#)

- c) **Onda:** Para la física, una onda consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El espacio perturbado puede contener materia (aire, agua, etc.) o no (vacío).

Hay distintos tipos de ondas, en este caso las que nos interesa estudiar son las ondas electromagnéticas y las sonoras.

- Las ondas electromagnéticas están presente en el día a día de una persona, desde los teléfonos hasta la luz son ejemplos de este tipo de ondas. En términos físicos una onda es la manifestación del campo electromagnético, este es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes (para entender este tipo de campo, hay que diferenciarlo de los estáticos donde la intensidad del campo magnético es constante con el tiempo, sin embargo, campo magnético oscilante se aplica en forma de pulsos).

Estas pueden propagarse por cualquier medio hasta que dicho medio termine por transferir toda su energía (Aire, agua, vacío...)

La generación y la propagación de estas ondas son compatibles con el modelo de ecuaciones matemáticas definido en las ecuaciones de Maxwell.

Estas ondas no transportan siempre la misma energía por eso hay diferentes tipos. El rango completo de longitudes de onda es lo que se denomina espectro electromagnético. Atendiendo a su longitud de onda, la radiación electromagnética recibe diferentes nombres, y varía desde los energéticos rayos gamma, hasta las ondas de radio, pasando por el espectro visible (Luz).

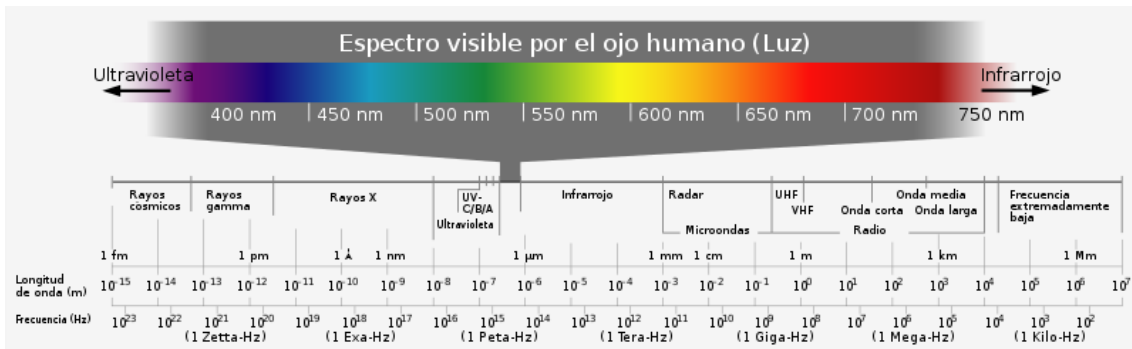


Imagen 2: Espectro electromagnético.

Esta imagen puede estar sujeta a derechos de autor: [Sitio web](#)

Para una comprensión más amplia sobre las ondas electromagnéticas, se recomienda revisar este [video](#), del canal de youtube HRom, dirigido por Alberto Romaña, ingeniero industrial. En él se explica la onda electromagnética a fondo y las diversas propiedades que puede tener.

- Las ondas sonoras son las que se propagan mediante el agua, la tierra o el aire, en términos físicos son las perturbaciones del aire, que oscilan, es decir vibran, con una energía determinada.

El sonido está formado por ondas mecánicas elásticas longitudinales u ondas de compresión en un medio. Eso significa que:

- Para propagarse necesita acceder a un material (aire, agua, cuerpo sólido) que transmita la perturbación (viaja más rápido en los sólidos, luego en los líquidos va lento, y aún más lento en el aire, y en el vacío no se propaga). Es el propio medio el que produce y propicia la propagación de estas ondas con su compresión y expansión. Para que pueda comprimirse y expandirse es imprescindible que este sea un medio elástico, ya que un cuerpo totalmente rígido no permite que las vibraciones se transmitan. Así pues, sin un medio elástico no habría sonido, ya que las ondas sonoras no se propagan en el vacío.
- Además, los fluidos sólo pueden transmitir movimientos ondulatorios en los que la vibración de las partículas se da en dirección paralela a la dirección de la velocidad de propagación de esta. Así los gradientes de presión que acompañan a la propagación de una onda sonora se producen en la misma dirección de propagación de la onda, siendo por tanto estas un tipo de ondas longitudinales (en todos los sólidos también pueden propagarse ondas elásticas transversales)

El hercio (Hz) es la unidad que expresa la cantidad de vibraciones que emite una fuente sonora por unidad de tiempo. Se considera que el oído humano puede percibir ondas sonoras de frecuencias entre los 20 y los 20.000 Hz.

Ambas ondas (electromagnéticas y sonoras) comparten una misma característica, y es que las dos tienen longitud de onda. En términos físicos se conoce como

longitud de onda la distancia que recorre una perturbación periódica que se propaga por un medio en un ciclo.

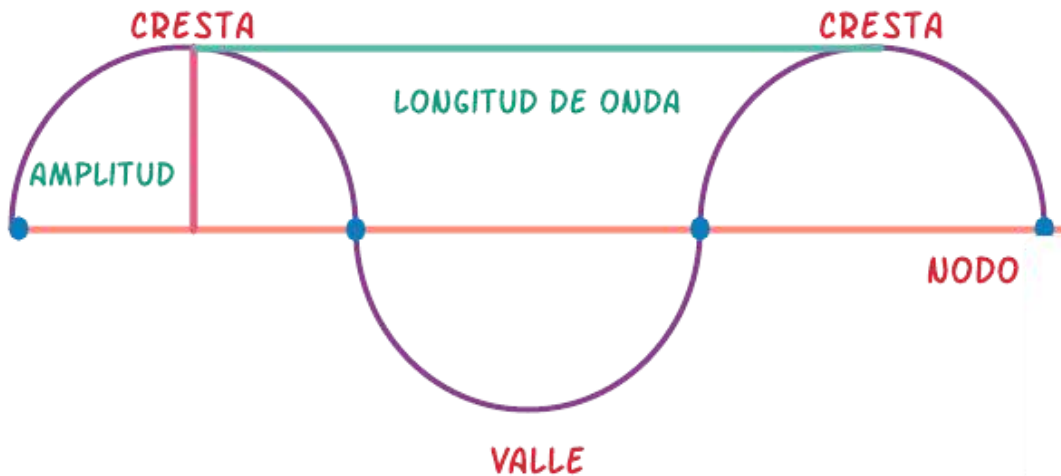


Imagen 3: Longitud de onda

- d) **La amplificación de la longitud de onda** es el concepto en la que se basa la mitad de esta investigación, este se trata de transformar/amplificar la longitud de onda entre el rango de percepción audible de las ondas en torno a 20 y 20.000 Hz.
- e) **Funcionamiento del programa xSonify**: En la rama de sonificación de las ondas electromagnéticas se utilizará un programa llamado “xSonify”.

Después de bastantes horas dedicadas a la búsqueda de un software cuyo propósito fuera la sonificación, se ha llegado a la conclusión de que no existen demasiadas aplicaciones, y las que hay no están muy actualizadas. De hecho solo se ha encontrado tres referencias: “Sonification Sandbox”, “Sonifyer” y “xSonify” que es la que se utilizará.

Las tres aplicaciones están desarrolladas en JAVA, lenguaje de programación que permite la creación de aplicaciones multiplataformas (iOS, Windows, Linux, etc), pero es justamente la falta de actualización de estas la que ha llevado a la utilización de de xSonify. A continuación se explica:

- “Sonification sandbox” desarrollada por *The Georgia Tech Sonification Lab - School of Psychology - Georgia Institute of Technology*. Dispone de una página web con mucha información y diferentes versiones de la aplicación. La última, del año 2011, es compatible solo con iOS y última compatible con windows, la v.5.2, solo “corre” sobre JAVA 6, actualmente la versión mínima de la JVM de JAVA (Máquina Virtual de Java) para ejecutar la mayoría de los programas es la 7. Aún instalando JAVA 6, hay bibliotecas de entrada/salida incompatibles o no actualizadas con los periféricos actuales y sus drivers. Aquí
- “Sonifyer” desarrollada por sonifyer.org. Solo disponible para “Mac OS X 10.6”. En cualquier caso en su página no aparece el código principal

para su descarga, solo las actualizaciones. Se debe estar registrado y poseer una identificación a través de usuario y contraseña para acceder al contenido relevante.

“xSonify”: publicada en 2012 por la NASA a través de la *Biblioteca de código fuente de astrofísica*. Se ha podido instalar esta aplicación desarrollada también en código Java no sin ciertas dificultades. No se han encontrado manuales de usuario por tanto su manejo es intuitivo, basado en la práctica.

Funcionamiento de **xSonify** : el objetivo fundamental de esta aplicación es transformar grandes cantidades de datos numéricos en secuencias MIDI. El objetivo inicial de este proceso de transformación, desarrollado por la NASA, fue permitir a personas con discapacidad visual examinar datos en busca de patrones. Estos datos procedían de “*Los resultados individuales de las mediciones de los instrumentos de la nave espacial seleccionados por sus variables correspondientes en un período de tiempo específicos*”.

	A	B	C	D	E	F
1	-1901.94	-47.609.998				
2	-1902.24	-47.603.998				
3	-1902.36	-47.591.998				
4	-1902.36	-47.591.998				
5	-19.022.999	-47.525.998				
6	-1902.36	-474.96				
7	-1901.88	-475.56				
8	-1902.12	-475.68				
9	-1901.88	-475.86				
10	-1902.12	-475.86				
11	-1902.36	-475.56				
12	-1902.48	-475.68				
13	-1902.72	-475.74				
14	-1902.84	-475.74				
15	-1902.84	-475.62				
16	-19.027.799	-475.62				

Imagen 4: Datos preparados para ser exportados.

xSonify necesita como entrada un fichero con los valores numéricos recogidos, en nuestro caso correspondientes a las ondas electromagnéticas, en formato .csv (valores separados por comas). Fichero que es editable en Excel o cualquier Hoja de Cálculo. La aplicación a partir de un **banco de sonido** genera la secuencia MIDI correspondiente. Esta secuencia puede ser “interpretada” por los distintos instrumentos también registrados en dicho banco de sonido.

Además la aplicación permite enriquecer la secuencia básica modificando parámetros como el ritmo, los bajos, y el *pitch*.

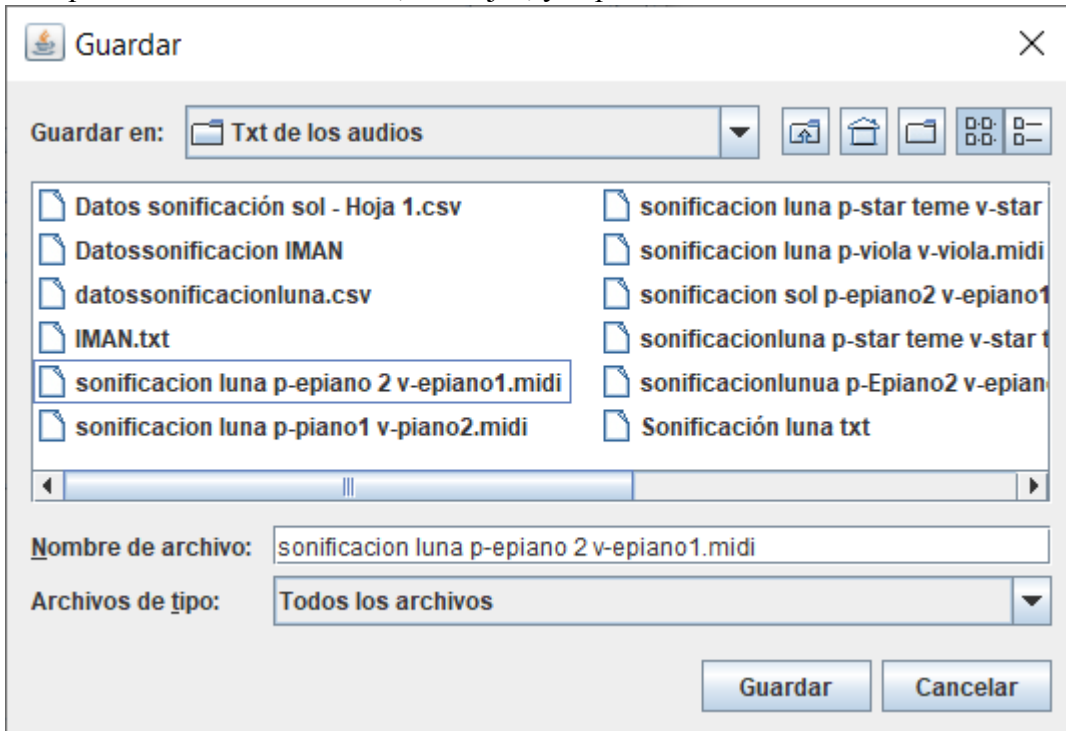


Imagen 5: guardado de los archivos .midi

Una vez generada la secuencia esta se puede exportar como un archivo MIDI para su almacenamiento y reproducción.

- f) **Una antena** es un dispositivo normalmente conductor metálico, diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Para este caso en particular hemos elegido una antena parabólica que sigue el siguiente esquema.

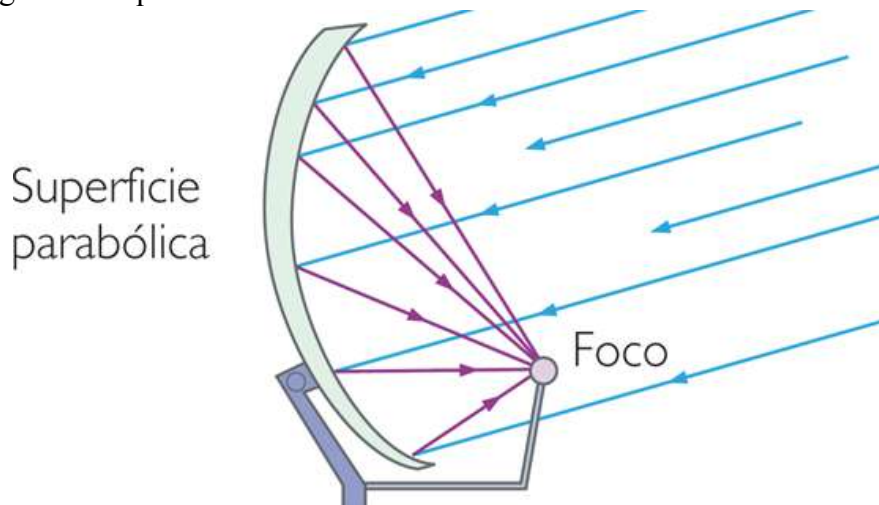


Imagen 6: Esquema de funcionamiento de la antena parabólica
Para mayor información pinchar en la imagen. Canal Lesics Española

El funcionamiento de una antena parabólica es sencillo, este se basa en hacer rebotar los haces de luz para que converjan en un mismo punto. Para un entendimiento más profundo sobre las Antenas se adjunta [link](#).

6. Audificación y Sonificación

Para realizar esta investigación se parte de la idea de transformar las ondas electromagnéticas en ondas sonoras, a través de dos ramas: La audificación y la sonificación.

6.1 Audificación

La audificación consiste en convertir algo que ya era audible pero no perceptible, en perceptible. En otras palabras, se trata de amplificar una señal audible hasta los rangos de la percepción auditiva de un ser humano.

Mediante esta rama, hemos tratado de recoger las ondas electromagnéticas emitidas por el sol, luna y demás objetos a través de una antena parabólica. Esta tenía en la punta, donde se reflejan todos los rayos/ondas, un inductor 333j.



Imagen 7: Antena parabólica con el inductor. Pinchar en la imagen para ver video
Otro video explicando el proceso. [Aqui](#)

Cuando las ondas son recogidas por el inductor estas viajan a través de un cable de sonido con una entrada tipo Jack en cada lado del cable, una de ellas está pelada para que pueda ser transferida la energía al inductor.

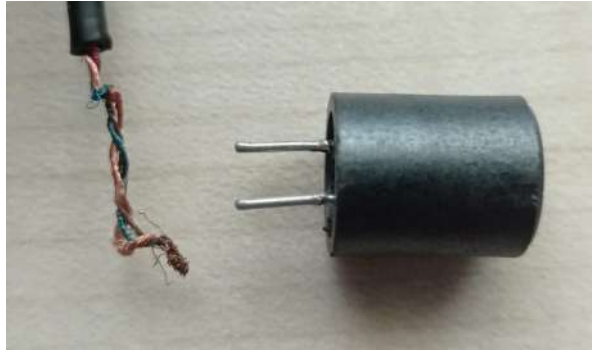


Imagen 8: Inductor y cable

Tras pasar por el cable, esta es amplificada por la tabla de sonido, para ello necesitamos enchufar el jack de salida de audio, en la entrada del micrófono.



Imagen 9: Tabla de sonido: Entrada de audio.

El siguiente paso es modificar los parámetros según nuestras necesidades. En nuestro caso necesitábamos que la longitud de onda fuese amplificada por lo tanto se aumentaron los valores de ecualización. Los bajos, medios y bajos (Ruedas azules) fueron aumentados hasta el máximo permitido, el “FX” (Rueda roja) fue aumentado al máximo también, el “Pan” no fue modificada del valor normal y el “Level” (Rueda blanca) fue aumentada dependiendo a qué volumen queríamos grabar, sin embargo este valor se puede modificar a la necesidad de quien esté grabando.

El “Trim” fue modificado hasta su máximo valor y la mezcla principal fue modificada de igual forma hasta el máximo posible, igual que el “Control Room”.



Imagen 10: Tabla de sonido: Variables a modificar

Tras cambiar estos parámetros la onda se ha amplificado lo suficiente como para que sea audible, por último hay que transferir este sonido al altavoz para poderlo escuchar o a un dispositivo para grabarlo. Para ello elegimos enchufar la doble salida jack a uno de estas salidas y al dispositivo de entrada del audio donde se va a grabar.



Imagen 11: Tabla de sonido: Salida de audio

Mediante otro cable de sonido el audio es transferido al dispositivo o al altavoz.



Imagen 12: Entrada al altavoz



Imagen 13: Entrada al ordenador

Tras haber conectado todo, abrimos la grabadora de audio del dispositivo (Si hemos conectado el Jack a la entrada del ordenador) y le damos al botón de “Grabar” o “🎤” .

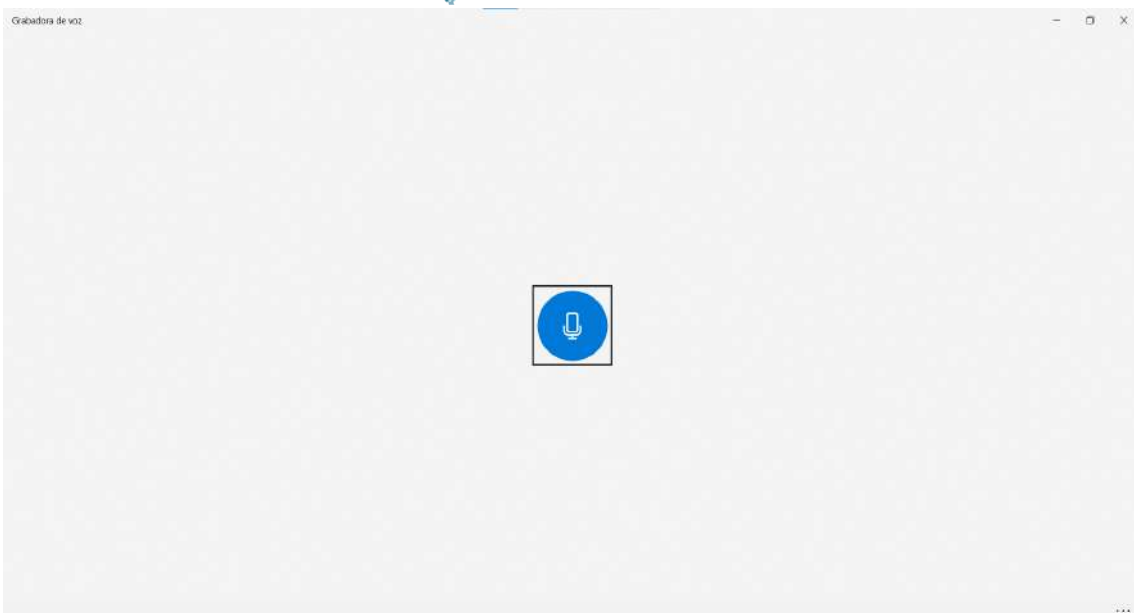


Imagen 14: Grabadora de audio.

5.2 Sonificación

La sonificación es una herramienta que permite la transformación de cualquier tipo de información en sonido. Podemos transformar en sonido imágenes 2D, datos de tráfico en redes de comunicaciones e incluso la información de violentos sucesos del cosmos un ejemplo es The sounds of spacetime de C.J. Hogan.

Mediante esta rama hemos recogido los datos a través de la antena parabólica como en el proceso anterior, sin embargo, el receptor ha sido cambiado, en este caso es un teléfono captando las señales. Mediante la aplicación móvil “Ultimate EMF Detector”



Imagen 15: Ultimate EMF Detector

Esta aplicación nos ha permitido recoger los datos de ondas electromagnéticas, para grabarlos hemos dispuesto de la opción que aparece en la parte inferior de la interfaz

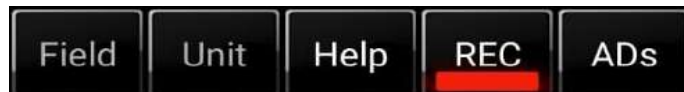


Imagen 16: Botón de grabación

Tras parar la grabación, después del tiempo estimado se nos descargará un archivo en formato .txt, luego recurriremos a un [transformador de archivo online](#) el cual nos traducirá este archivo a una tabla excel (XLSX). Abriremos esa hoja de cálculo, y separaremos las columnas, mediante la opción de Datos > Dividir Texto en columnas, y nos aparecerá un menú más pequeño abajo donde le indicaremos que lo separaremos por cada espacio.

#	Value	X	Y	Z	Time
1	42.626.434	5.296.898	59.191.475	-41.879.822	18:26:33:767
2	43.074.918	52.312.946	6.275.482	-4.229.303	18:26:33:848
3	43.069.922	51.473.255	6.532.791	-4.225.927	18:26:33:886
4	42.945.792	49.751.854	58.784.103	-4.224.965	18:26:33:920
5	42.818.765	44.147.167	5.667.633	-42.211.786	18:26:33:966
6	42.612.772	49.932.823	6.050.724	-41.884.415	18:26:34:3
7	42.403.473	4.932.535	6.092.842	-41.672.552	18:26:34:53
8	42.913.623	5.490.053	649.633	-42.062.286	18:26:34:101
9	4.255.434	6.059.742	6.059.677	-4.168.251	18:26:34:153
10	4.253.744	52.728.577	62.143.707	-41.749.396	18:26:34:199
11	42.940.826	4.708.351	62.657.356	-42.219.507	18:26:34:236
12	42.897.998	53.929.005	6.241.352	-4.209.751	18:26:34:283
13	42.914.694	5.330.532	63.880.615	-42.100.464	18:26:34:319
14	4.308.986	49.082.794	63.517.113	-4.233.557	18:26:34:365
15	4.273.949	5.032.713	61.022.835	-42.001.166	18:26:34:405
16	429.4	497.073	62.080.917	-42.197.098	18:26:34:442
17	43.253.433	54.930.687	6.250.351	-4.244.548	18:26:34:482
18	42.948.224	5.940.979	58.868.904	-42.125.992	18:26:34:533
19	43.001.013	58.582.115	60.512.238	-42.168.127	18:26:34:568
20	4.284.479	57.522.278	6.458.698	-41.962.762	18:26:34:602
21	42.674.725	58.306.046	6.626.701	-41.751.923	18:26:34:650
22	42.442.404	6.731.968	6.953.133	-41.324.234	18:26:34:699
23	42.618.332	8.570.639	78.854.256	-4.099.618	18:26:34:736
24	4.242.175	100.991.806	79.697.876	-40.423.926	18:26:34:770
25	42.028.867	14.130.461	7.551.632	-38.855.225	18:26:34:815
26	41.764.224	16.177.766	66.056	-37.950.067	18:26:34:852
27	41.223.502	1.599.317	53.112.907	-37.621.613	18:26:34:898
28	40.863.693	15.481.696	4.461.975	-37.553.284	18:26:34:936
29	40.237.778	15.787.764	4.202.137	-36.771.826	18:26:34:969
30	40.457.022	17.721.068	41.184.807	-36.135.474	18:26:35:16

Imagen 17: Tabla de datos separada por columnas

Quitaremos las columnas “#”, “Value” y “Time” puesto que estos valores no nos aportan la información de cómo es la onda solo son valores secundarios. El siguiente paso será exportar esta tabla como un archivo con un formato .csv para posteriormente ser introducido en el software de Xsonify.

Para abrir este programa tendremos que instalar el java engine 6 debido a que es un programa del 2011, tras descargarlo y asignar su apertura al Java 6, abriremos, en la carpeta de sonificación donde estará todo el programa descargado, el cmd. Cuando se abra hemos de escribir “java -jar “xSonify.jar” ” y segundos después, se abrirá el programa.

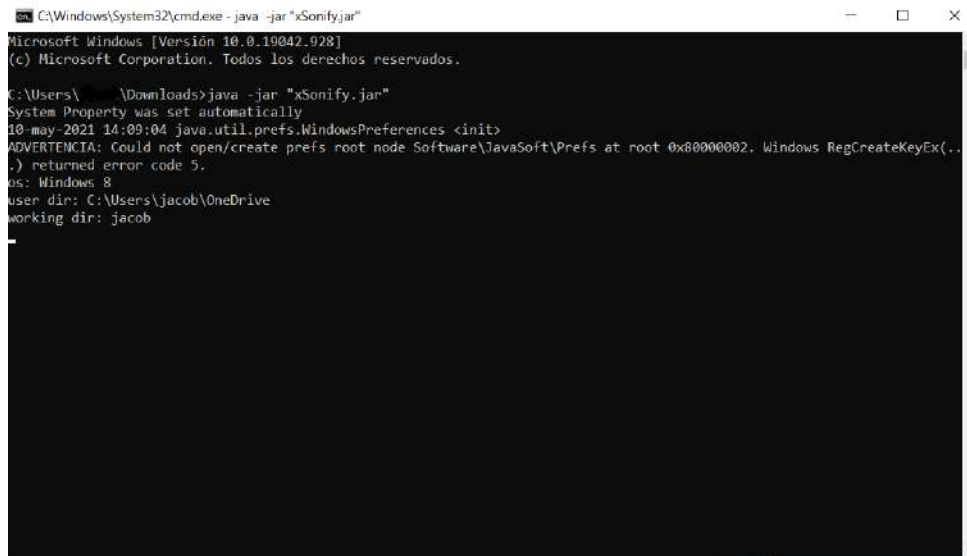


Imagen 18: cmd con el proceso completado

Ya en el programa deberemos dirigirnos a File>Import Data o Import text data file (Según el archivo que queramos sonificar), nos saldrá un menú que deberemos elegir el .csv que previamente hemos guardado.

A partir de ahí será modificar los parámetros para sonificar y hacer distintas composiciones.

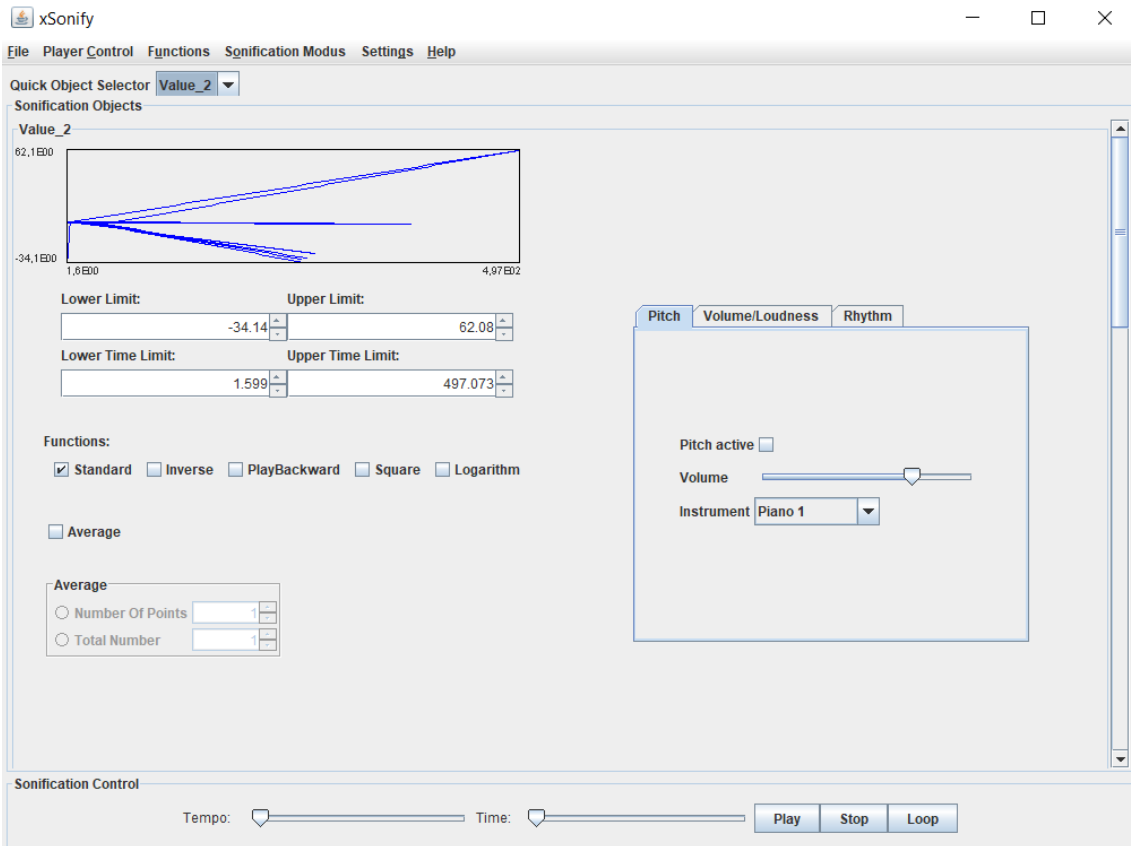


Imagen 18: xSonify

7. Cuerpo de trabajo

Los materiales para realizar este proyecto consiste en: Una antena parabólica, una tabla de sonido, un inductor 333j y cables de audio. Así como un dispositivo para poder escuchar los datos obtenidos por el software de “xSonify” o la tabla de sonido.



Imagen 20 :Dispositivo sin antena parabólica (Medición de interiores)

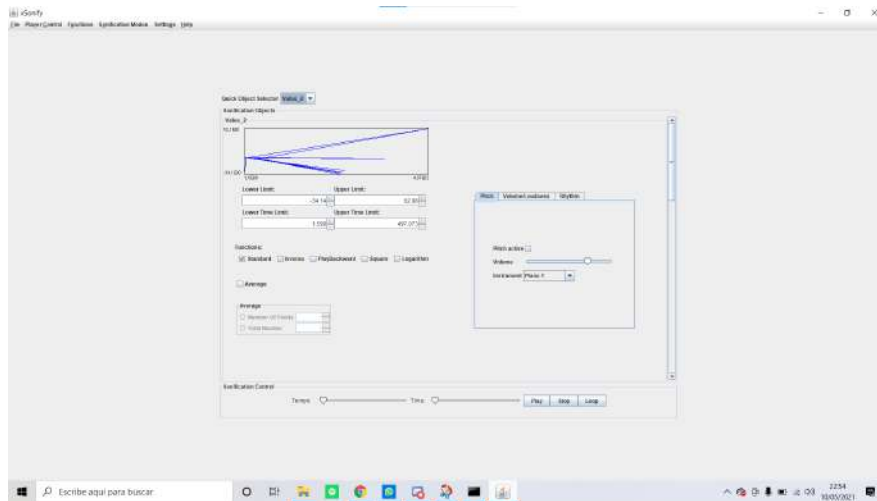


Imagen 21: xSonify

7.1. Asignación de significado a las variables.

Hay tres diferentes casos de variables:

→ Midiendo el sol:

- ◆ La hora a la que sean tomadas las medidas. Esta variable debe de ser fija → Será a las dos de la tarde
- ◆ Los instrumentos y/o materiales con los que serán recogidos los datos son los mismo. Esta variable debe de ser fija → Los instrumentos desglosados anteriormente
- ◆ Se tomarán las medidas cuando el cielo esté totalmente despejado, donde las ondas puedan llegar sin ninguna interferencia. Esta variable ha de ser fija.
- ◆ En el proceso de sonificación si existe una intención de comprobar errores, los instrumentos no deben de ser cambiados. En este caso la variable a de ser fija. Si se desea hacer una composición sonora los instrumentos de esta pueden ser modificados. Esta variable es móvil.

→ Midiendo la luna:

- ◆ La hora a la que sean tomadas las medidas. Esta variable debe de ser fija → Será a las 12 de la noche
- ◆ Los instrumentos y/o materiales con los que serán recogidos los datos son los mismo. Esta variable debe de ser fija → Los instrumentos desglosados anteriormente
- ◆ Se tomarán las medidas cuando el cielo esté totalmente despejado, donde las ondas puedan llegar sin ninguna interferencia. Esta variable ha de ser fija.
- ◆ En el proceso de sonificación si existe una intención de comprobar errores, los instrumentos no deben de ser cambiados. En este caso la variable ha de ser fija. Si se desea hacer una composición sonora los instrumentos de esta pueden ser modificados. Esta variable es móvil.

→ Midiendo interiores:

- ◆ Los instrumentos y/o materiales con los que serán recogidos los datos son los mismo. Esta variable debe de ser fija → Los instrumentos desglosados anteriormente
- ◆ Los dispositivos de la sala no deben de ser cambiados, estos dispositivos de una sala a otra pueden cambiar. Al final debe de hacerse una media.
- ◆ Se harán mediciones con los instrumentos apagados y encendidos.
- ◆ Se harán las mediciones en puntos específicos de la habitación y posteriormente se hará una media general
- ◆ Estas mediciones serán tomadas durante varios días para evitar errores

Las variables independientes es la cantidad de radiación proporcionada ya que en el caso de los astros estas pueden ser modificadas por fenómenos naturales incontrolables, como es el caso de tormentas solares.

7.2 Emisión de una o más hipótesis

Las hipótesis planteadas son las siguientes.

- ❖ Con respecto a la audificación:
 - Las ondas deben sonar ligeramente diferente en el dominio urbano que en el rural debido a la ausencia de interferencia y de contaminación de ondas residuales
 - Este sonido ha de ser como la estática pero más grave
 - Las ondas son captadas por la antena y recogidas por el inductor
- ❖ Con respecto a la sonificación:
 - Datos con el mismo valor suenan igual
 - Se pueden transformar ondas electromagnéticas en un elemento musical
 - Pueden hacerse una composición a partir de los datos tomados de los astros
 - El campo electromagnético se ve aumentado cuando hay un imán, otro metal u otro dispositivo
- ❖ Con respecto a la captación de ondas electromagnéticas:
 - Los valores deben encontrarse entre los 30 y 60 microtesla
 - En zonas con más aparatos hay una mayor radiación

7.3 Diseño del trabajo de campo, documental y/o de laboratorio

Antes de comenzar el trabajo de campo fueron planteados los sitios por donde se harían las distintas mediciones. En este caso fueron medidos tres veces en el ámbito urbano y una vez fuera de la ciudad. Se contó con que a altura del sol y de la luna fuese la misma con el mismo grado de inclinación.

Además este proyecto ha sido dividido por las siguientes preguntas:

- ¿Cómo captar ondas electromagnéticas?: Aquí se recurrió a diversas fuentes de información, pero casi ninguna fue concluyente, hasta el TFM (Trabajo de Fin de Máster) con este fue la inspiración para la parte de Audificación.

- ¿Cómo transformar ondas en datos y posteriormente en sonido? Con el trabajo anteriormente mencionado se empezó a comprender cómo amplificar una onda hasta que llegue a un espectro audible.
- ¿Cómo tratar estas ondas? Esta última pregunta surgió cuando las mediciones estaban casi hechas, ya que no eran los mismos audios y había una diferencia considerable.

7.4 Desarrollo del trabajo de campo, documental y/o de laboratorio

Estas mediciones fueron tomadas durante 30 min teniendo en cuenta las variables y lo acordado en el apartado anterior, para la recogida de datos fue necesario irse a un entorno urbano y a uno donde la intervención de ondas electromagnéticas no fuese tan grande.

7.5 Diseño del utillaje experimental y/o de los instrumentos de recogida de información.

Para la realización de este proyecto se ha dispensado de los materiales antes mencionados. Para cada rama es necesario un instrumental diferente.

- En el caso de la sonificación:
 - Móvil o otro dispositivo:
 - App “Ultimate EMF Detector”
 - Ordenador:
 - Transformador de .txt a .csv
 - Excel
 - xSonify

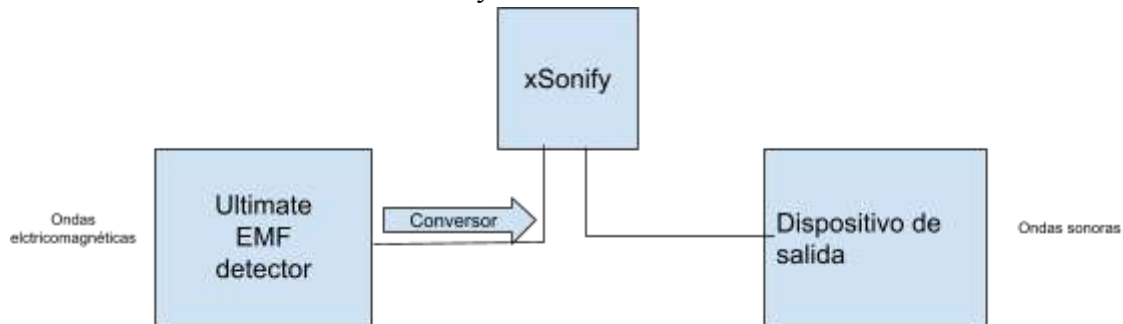


Imagen 22:Esquema de conexión en el experimento de sonificación

- En el caso de la audificación:
 - Antena parabólica
 - Inductor 333j
 - Tabla de sonido (con amplificador)
 - Dispositivo de salida de audio

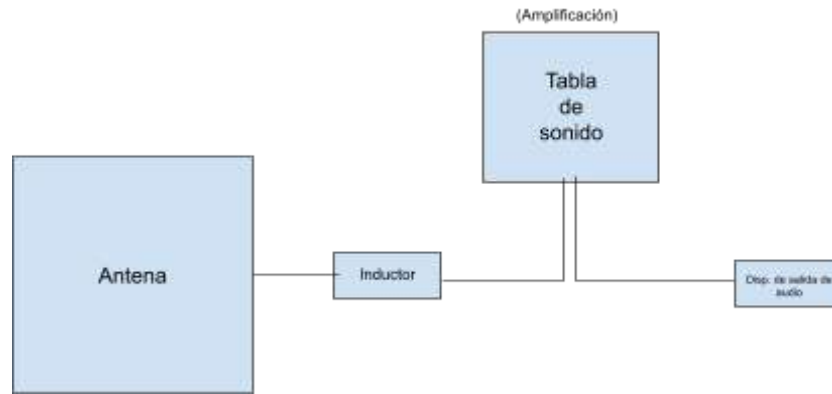


Imagen 23: Esquema de conexión en el experimento de audificación

7.6 Tratamiento de resultados

Una vez obtenidos los resultados se han añadido a una nube en los que quedan a disposición de cualquier persona, para escucharlos estos deben ser descargados. Estos han sido comparados y analizados por su volumen, tono y demás variables.

Una vez con las mediciones hechas, seguimos dos caminos uno para el proceso de sonificación y otro para la audificación.

Para el proceso de sonificación los datos obtenidos fueron transferidos al ordenador, y posteriormente, mediante el programa ya mencionado "xSonify" a este se le asignan distintos valores musicales a los valores numéricos. Una vez que estos fueron transformados en los audios se analizaron, es decir, aplicamos nuestra hipótesis de que la luna sonaría más agudo que el sol.

Para el proceso de audificación una vez conectados los dispositivos, se escuchó el altavoz durante un periodo de tiempo para evitar posibles fluctuaciones que en el caso de la luna fue útil ya que se arreglaron los fallos cometidos a la hora de grabar. Tras esto fueron grabados y clasificados en carpetas de drive.



Imágenes 24 y 25: Audios.

En cuanto a la captación de ondas electromagnéticas en el ámbito común los resultados se les han realizado una media, y se ha comprobado posibles errores.

8. Conclusiones

Una vez finalizada la investigación propuesta podemos afirmar que podemos escuchar el sol y la luna a través de distintas técnicas con los materiales dados por el instituto, por lo que el primer objetivo de este trabajo se ha cumplido.

- En cuanto a la audificación las premisas previamente predichas se han comprobado ya que en el ámbito rural los audios obtenidos son diferentes a los recogidos en el entorno urbano. Ambos sonidos son como el sonido producido por la estática de otras ondas electromagnéticas en el ambiente pero mucho más grave, cuando hay un imán cerca los valores han aumentado. Y por último que como suponíamos estas ondas son realmente afectadas por la antena y recogidas por el inductor 333j.
- Por otro lado la sonificación también ha cumplido todas sus hipótesis, puesto que los audios que tienen un mismo valor se les han asignado el mismo valor musical, se ha demostrado que se pueden convertir ondas electromagnéticas en ondas sonoras aplicando esta técnica, con los datos obtenidos se han podido realizar composiciones musicales simples, cuando hay un imán cerca los valores han aumentado.
- Por último en el estudio para captar ondas electromagnéticas han sido concluyentes y satisfactorias, ya que la dosis a la que estamos sometida se vuelve normal, en torno a los 30-45.1 micro tesla, por lo que en el caso de que la hipersensibilidad electromagnética se demostrara estaríamos seguros.

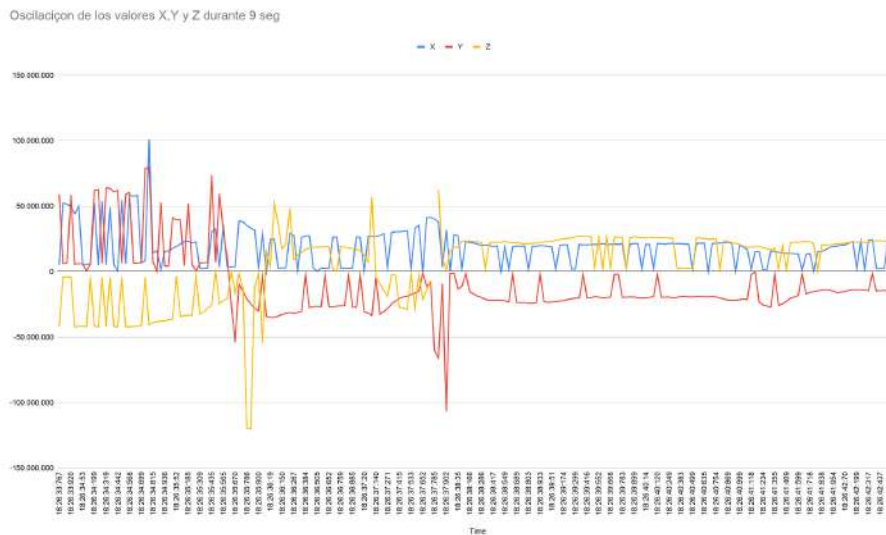


Imagen 22: Muestra de una de las gráficas de las variables X,Y y Z a lo largo de 9 segundos

Además de las conclusiones que he conseguido, cabe aclarar que a través de este método y con el material adecuado creemos poder llegar a diferenciar el tipo de compuesto que tratamos, lo cual podríamos llegar a utilizar para la detección de compuestos atmosféricos o del núcleo.

9. Valoración personal.

En lo personal, desde hace ya unos años soy aficionado a la astronomía y a todo sus derivados. Por lo tanto cuando se me propuso el concepto de “sonificación” para su investigación fue una gran motivación. A su vez este proyecto me ha enseñado lo que a día de hoy, bajo la poca experiencia que poseo actualmente, considero las aptitudes y actitudes básicas en lo que respecta a la experimentación. Aptitudes porque el trabajo realizado por una persona no es el mismo si este es enfocado bajo la motivación, esto dicho por mi padre sería “El trabajo no es trabajo cuando te gusta”, Actitudes debido a que este trabajo ha llevado horas de investigación, dichas horas han sido focalizadas y empleadas de la forma más correcta a mi parecer, a pesar de haber topado con muros, siguiendo el ejemplo de las palabras de Martin Luther King “Si no puedes volar, corre; si no puedes correr, camina; si no puedes caminar, gatea. Sin importar lo que hagas, sigue avanzando hacia adelante”.

Otro aspecto que creo importante son las situaciones planteadas al principio de esta investigación, en mi cabeza hubo un dilema, el cual se trataba de escoger temática, este estaba condicionado por un tema más fácil pero menos novedoso o este que era más complicado pero me ingería curiosidad e innovación. Influenciado por las palabras de otra célebre decidí aventurarme a esforzarme para sacar este proyecto adelante. estas eran “Para ser irremplazable, uno debe buscar siempre ser diferente” (Coco Chanel. 1883-1971.)

Por último como aspecto final de la investigación a comentar es el hecho de haber conseguido escuchar astros tales como la luna y el sol, para un aficionado es increíble, y me hace sentirme orgulloso y satisfecho.

10. Agradecimientos

En primer lugar, he de agradecer a los profesores de la asignatura: Mercedes Avila y Marcos Naz, y al centro IES Martín Rivero, por brindarme la oportunidad y recursos para poder estudiar estos fenómenos, así como su ayuda y motivación constante. También cabe mencionar a Alejandra Bueno, investigadora cuyo trabajo ha servido de inspiración, por su ayuda al principio del trabajo, al brindarme su TFM (Trabajo Final de Máster) “Sonificación, audificación y musificación”, en la que se ha basado parte de esta investigación. Por último, a la profesora de informática del centro IES Martín Rivero, María Dolores Verdú de la Vega, por haber ayudado con sus conocimientos a desarrollar la parte digital de este proyecto.

11. Bibliografía

-Links Principales:

- TFM de Alejandra bueno: [Aquí](#)
- Artículo donde recogimos la idea: [Aquí](#)
- Composición logarítmica (No se ha utilizado, pero en un principio si sacamos ideas y nos inspiramos de este enlace.): [Aquí](#)
- Artículo de la UMA sobre diversas técnicas de sonificación: [Aquí](#)
- Web sobre concepto de sonificación: [Aquí](#)
- Sonificación en física: [Aquí](#)
- Webs de los softwares:
 - xSonify (Utilizado): [Aquí](#)

- Biblioteca de código de astrofísica, registro ascl: 1207.008, [Aquí](#)
 - Sonifyer: [Aquí](#)
 - Sonification Sandbox : [Aquí](#)
 - Charla (En español) sobre la sonificación: [Aquí](#)
 - Otra charla (En español) sobre la sonificación: [Aquí](#)
- Materiales:
- Inductor 333j: [Aquí](#)
 - Cables (Jacks): [Aquí](#), [aquí](#) o [aquí](#)
 - Los demás fueron proporcionados por el instituto.
- Otros:
- <https://www.efesalud.com/sensibilidad-electromagnetica>
 - <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/el-hsensitivity>
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Tormenta_geomagn%C3%A9tica
 - <https://www.xataka.com/espacio/tormentas-solares-los-efectos-directos-e-indirectos-sobre-la-tierra-de-las-llamaradas-solares-mas-intensas>
 - <http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/SATELITE/TEMA%207%20ParabolicasConceptos.pdf>
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico
 - <https://www.widex.cl/es-cl/blog/rango-auditivo-humano#:~:text=Mientras%20que%20%20a%20%20C000,a%20partir%20de%20%20dB.>
 - <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-sonido/caracter%C3%ADsticas-del-sonido/>
 - <https://sites.google.com/site/megafoniaysonorizacionronald/t01-prin-bas-del-sonido/1-2-propiedades-fisicas-del-sonido/1-2-3-el-espectro-audible>
 - <https://www.hsa.org.uk/electricidad/onda-y-frecuencia>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=jODqICUIT-A>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=xcHbm0vXFFE>
 - <https://tecnologia-de-la-conservacion-de-alimentos.webnode.mx/campos-oscilantes/>
 - <https://web.archive.org/web/20170728160033/https://elespectrofotometro.com/espectro-electromagnetico/>
 - <http://www.astronoo.com/index.html>
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Onda_sonora
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n_del_sonido
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Doppler
 - https://www.youtube.com/watch?v=YIs8RK_F
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Longitud_de_onda
 - <https://247tecno.com/como-funciona-una-antena-parabolica/>
 - https://es.pngtree.com/freepng/dish-antenna-vector-modern-flat-style_4100067.html
 - <https://computerhoy.com/listas/tecnologia/mitos-radiacion-movil-peligros-salud-502449#:~:text=La%20radiaci%C3%B3n%20electromagn%C3%A9tica%20no%20es,m%C3%A1quina%20de%20Rayos%20X%2C%20s%C3%AD.>