Universidad Acción Pro Educación y Cultura

Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Ingeniería

Tesis de Grado para Optar por el Título de:
Ingeniero Electrónico Mención Comunicación

"IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA LA ELIMINACION DE CONTAMINACION SONICA."

Sustentante:

Br. William Alexander Mejia Reyes **2011-0939**

Asesor:

PhD, Fernando Manzano

Distrito Nacional
República Dominicana
Agosto de 2016

Los conceptos emitidos en el presente trabajo son de entera responsabilidad de los sustentantes del mismo.

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA LA ELIMINACION DE CONTAMINACION SONICA.”

RESUMEN

Este trabajo de grado expone, describe y da solución un problema común que está presente en el medio ambiente, lo cual afecta directa e indirectamente la calidad de vida de las personas, ocasionando efectos fisiológicos en las mismas, dicho problema se le conoce como "Ruido", y siempre está presente en el entorno natural. El objetivo del trabajo en cuestión es realizar un estudio de las características de este fenómeno para así desarrollar una alternativa que combata dicho mal, ya sea produciendo una anulación del ruido o una atenuación considerable que ubique la perturbación sonora, dentro del umbral considerado agradable para el oído humano, mediante la técnica de *Anulación Activa de Ruido*. Para el logro de los objetivos, se investigaron y examinaron las principales fuentes de ruido y sus características, realizando mediciones del comportamiento del ruido en diferentes espacios. De este modo se pudo desarrollar un modelo de sistema electrónico que de forma prácticamente instantánea pudo generar una onda sonora con fase invertida, que contrarrestó los efectos del ruido original. Esta Hipótesis fue comprobada, midiendo el comportamiento de la señal con ruido frente al sistema.

Estas mediciones, a nivel del modelo computarizado del sistema arrojaron datos claros que mostraron una atenuación de aproximadamente 10dB de unidad de intensidad de sonido para una escala porcentual de casi un 20% de atenuación considerándose una intensidad agradable para el oído humano.

En conclusión, con la comprobación experimental, a nivel del modelo de una atenuación inducida por la generación automática de una onda de ruido en contrafase, se podrá crear un dispositivo de uso doméstico que contribuirá a la descontaminación sonora de los ambientes afectados.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **ii**
TABLA DE CONTENIDO ..... **iv**
LISTA DE TABLAS Y/O GRAFICAS ..... **vi**
LISTA DE FIGURAS Y ECUACIONES ..... **vii**
DEDICATORIA ..... **ix**
AGRADECIMIENTOS ..... **x**
INTRODUCCIÓN **11**
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **12**
JUSTIFICACIÓN **14**
OBJETIVO GENERAL **16**
OBJETIVOS ESPECÍFICOS **16**

CAPITULO I
MARCO TEORICO 17

1.1 Sistema Auditivo 17
1.1.1 Funcionamiento del oído ante alteraciones sonoras 20
1.2 El Sonido 22
1.3 El Ruido 27
1.3.1 Mediciones del Ruido 27
1.3.2 Análisis espectral del sonido 28
1.3.3 Análisis de Ruido Ambiental 30
1.3.4 Parámetros Descriptivos del Ruido 34
1.3.5 Análisis y Valoración Ocupacional 37
1.4 Fuentes de Ruido 38
1.5 Captación de Ruido 40
1.6 Instrumentos de Medida 40
1.6.1 Filtros 41
1.6.2 Dosímetros 42

CAPITULO II
DISEÑO DE SISTEMA EN PLATAFORMA SIMULINK..... 43

2.1 Diagrama en bloques en plataforma SIMULINK..... 43
2.2 Diseño Anulador de Señal en SIMULINK51 50

CAPITULO III.
IMPLEMENTACION DE SISTEMA EN CAMPO LIBRE 57

CAPITULO VI.
VALIDACION Y PRUEBAS..... 58
4.1 Resultados de Experimento 58

CAPITULO V.
MANUAL DE IMPLEMENTACION ..... .60
5.1 Tutorial de Diseño 60

CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 82
ANEXOS O APÉNDICES..... 83

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 1: Potencia Acústica 25
Tabla 2: Clasificación de los tipos de Ruidos por sus características 38
Tabla 3: Fuentes de Ruidos 39
Grafica 1: Espectro de Audio Simple 47
Grafica 2: Señal Sinusoidal de Entrada 51
Grafica 3: Señal Sinusoidal Desfasada 180º con el bloque Unary Minus 51
Grafica 4: Señal de Ruido Desfasada 53
Grafica 5: Señal de Ruido Filtrada 54
Grafica 6: Señal de Ruido Anulada 54
Grafica 7: Señal en el Dominio del Tiempo 55
Grafica 8: Señal de Ruido Desfasada 180º en el Dominio del Tiempo 56
Grafica 8: Señal de Ruido en el Dominio del Tiempo 56

LISTA DE FIGURAS Y ECUACIONES

Figura 1: Sistema Auditivo 17
Figura 2: Oído Interno 21
Figura 3: Presión Sonora Dinámica y en Decibeles 24
Figura 4: SEL, Leq y RMS en el tiempo 32
Figura 5: Bloque Analizador de Espectro en Simulink 46
Figura 6: Análisis de Audio Simple 46
Figura 7: Bloques de Filtros en Simulink ..... .59
Figura 8: Bloque Unary Minus en Simulink 50
Figura 9: Sistema Inversora de Señal Simple 50
Figura 10: Sistema Complejo de Filtrado de Audio más Inversor de Señal 52
Ecuación 1 Potencia de Señal Útil versus potencia de Referencia 23
Ecuación 2. Relación entre potencia y Energía del sonido 25
Ecuación 3. Intensidad del Sonido como relación entre la Potencia y el área 26
Ecuación 4. Proporcionalidad cuadrática entre intensidad y presión dinámica ..... .26
Ecuación 5. Decibel calculado vía la intensidad 26
Ecuación 6. Ancho de Banda Nominal 29
Ecuación 7. Relación de frecuencias entre octavas superiores e inferiores 30
Ecuación 8. Frecuencia Central 30
Ecuación 9. Relación entre los tercios de octava 30

DEDICATORIA

A mi Dios Padre Todo Poderoso, creador de vida, gracias por las veces que me he encontrado débil y me has ayudado a no desvanecer, eres mi fortaleza.

A mi madre Nancy Reyes, siempre has estado para mí, consintiéndome, apoyándome, aconsejándome y siendo mi mano derecha.

A mi padre Héctor Mejia, dedicado siempre a darnos lo mejor, apoyándome en todo y siendo un ejemplo a seguir para mí.

A mi amada novia Yokeyla García, por demostrarme en el tiempo que tenemos juntos tu amor y apoyo en mis decisiones, y dándome la mano en lo que he necesitado.

A mis amigos Joel, Luis (Mello), Joan, Jimmy, Genaro, Reynaldo, Franlismer, Agustín, Ismael y Morel, por ser cómplices junto a mí en este recorrido universitario, quienes me dieron su mano amiga en los momentos que los necesite. Además de mis amigos Danilo y Ariel los cuales siempre han estado conmigo en las buenas y malas.

AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo de mis estudios en la Universidad APEC me apoyaron maestros ejemplares, quienes no solo impartían sus clases sino también que educaban, demostrándome que puedo ser mejor persona y profesional. Particularmente quiero agradecer al Ingeniero Porfirio Sánchez y a mi asesor Fernando Manzano, quienes me han guiado de forma firme a la realización de este Trabado de Grado.

INTRODUCCIÓN

La idea del trabajo surgió por la ocurrencia de un evento en el hogar. Un sobrino de 2 años de edad estaba tomando una siesta en su habitación y de repente un ruido ocasionado por la puerta de la habitación lo despertó, esto trajo como consecuencia el llanto del niño y pérdida de horas tratando de que se durmiera nuevamente, lo interesante es que no era una historia nueva, en muchas ocasiones el niño se despertaba por un ruido externo, creando un impacto negativo para él y sus padres. De allí se despertó la chispa, buscando la alternativa para que esa situación no volviera a suceder, y se generó la motivación para pensar en una forma (sin alterar el medio físico), de hacer que el niño no percibiera el ruido externo. En ese momento quedó manifiesto que a todos les afecta el Ruido solo que en diferentes escenarios e intensidad, ya sea a la hora de estudiar, de dormir, en clases. Entre tantas situaciones que día a día ocurren, y en las cuales la contaminación sónica está presente concluimos que era necesario analizar las características de cada escenario, de la contaminación presente en ellos, para así poder encontrar la solución adecuada a cada caso.

República dominicana es un país con alto nivel de contaminación sónica, las reclamaciones en su mayoría son relacionadas con la contaminación sónica. Santo Domingo la capital de la República Dominicana es la parte territorial con mayor índice de contaminación sónica del país, afectando a las personas que viven allí. De 4,659 denuncias sobre delitos ambientales el 75% correspondieron a delitos de contaminación sónica. (Diario Libre, 2014)

Esto es un problema que incide directamente a la capital de la República, ocasionando revuelo en la sociedad. El ruido es un factor que se denomina contaminación ya que las consecuencias que esta produce afectan de manera directa a las personas.

Investigando aparecieron proyectos relacionados con este problema, como es el caso del proyecto SONO presentado en el 2013 por Rudolf Stefanich, Ese proyecto plantea el diseño de un aparato electrónico que anula bandas de ruidos predeterminadas eliminando ruidos exteriores, este proyecto aún no ha sido desarrollado para la venta ni aparecieron patentes del mismo. (www.uspto.gov de oficina de patentes de US)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alteración del ambiente debido a la contaminación sónica en Santo Domingo, afecta a miles de personas que habitan en esta ciudad, día a día se presentan reclamaciones al Ministerio de Medio Ambiente relacionados con este mal. Desde barrios populares, sectores marginados, urbanizaciones, residenciales, y hasta sectores de niveles altos se ven afectados por la contaminación sónica, unos en mayor proporción que otros.

En barrios los cuales las casas están ubicadas a pocos metros, la competencia es quien posee el radio más potente, "mientras más alto mejor" las 24 horas del día, afectando la paz y la tranquilidad de la vecindad. Los afamados lugares de diversión nocturnas como discotecas y lugares de expendio de bebidas (Drinks) crean un caos urbano ya que la intensidad de ruido que estos producen sobrepasan los niveles permitidos de sonido, esto

afecta a los lugareños de manera directa ya que crea efectos negativos sobre ellos. La contaminación sónica también es producida por la cantidad de electrodomésticos en hogares como son: televisores, radios, licuadoras, aires acondicionados, entre otros.

En el estudio realizado por técnicos japoneses y del Ayuntamiento del Distrito Nacional, la medición en las fuentes de emisión de ruidos, en las tres circunscripciones del Distrito Nacional, están por encima de lo máximo permitido. Santo Domingo está sometida a una contaminación sónica mayor al 30% de la permitida y en muchos casos, más del doble de los niveles de ruidos permitidos. El promedio de ruido por zona es: Circunscripción no.1: 86.9 Db(A), Circunscripción no. 2: 88.1 Db(A) y Circunscripción no. 3: 88.5 Db(A).Los estándares internacionales establecen que, los niveles permisibles de ruido ambiental en el área residencial deben ser de 50 decibeles al día y 50 por la noche; en el comercio y la industria los niveles deben ser de 70 en el día y 55 en la noche. (BATISTA, 2015)

Por otro lado el crecimiento de la ciudad refiriéndonos a edificaciones ha aumentado estos últimos años, la construcción de edificios residenciales, edificios corporativos, tiendas por departamentos y centros comerciales son cada día más, esto incide en el aumento de contaminación sónica en la ciudad ya que para la construcción de dichas edificaciones se necesitan maquinarias como: taladros, plantas eléctricas, martillos, sierras eléctricas, entre otras cosas, que producen una intensidad de sonido muy alta considerándose ruido. Debido a esto el índice de ruido en la cuidad se ha visto en incremento sobrepasando los niveles sonoros aceptables ocasionando que las comunidades alrededor de estas edificaciones en construcción se vean muy afectados por el ruido intenso que estas emiten.

No obstante a esto el parque vehicular de la Republica Dominicana se ha duplicado. Según el departamento de económicos y tributarios, DGII la cantidad de vehículos en el año 2004 era de 1,717,000 vehículos para el 2014 esta cifra aumento a 3,398,662 unidades, representando un aumento de un 98% y ya para los últimos 2 años está a incrementado. La mayor parte de los vehículos se encuentran en el Distrito Nacional, Santo Domingo, con una participación de 27.3%, 16.1%. (Diario Libre, 2015).

Esto afecta a la organización del tránsito vehicular produciendo un desorden y una alteración sonora en el medio ambiente, debido a las bocinas de los autos, el sonido del motor, los altavoces de los vehículos a volumen alto, entre otros factores.

JUSTIFICACION

La contaminación sónica es un mal que está en todos los niveles de las sociedades. El caos sónico es un problema que nos afecta a cada uno de nosotros, algunos en mayor proporción que otros, muchos de estos se producen debido a irrespeto de personas, comunidades, instituciones, lo cual en ocasiones no podemos controlar. Esta se produce por factores como construcción de edificios, actividades humanas, transporte público, lugares de diversión nocturna, electrodomésticos, entre otras.

En las ciudades el ruido incide sobre las personas de manera negativa, generando molestias, perjudicando su bienestar y afectando sus actividades de desarrollo. El sistema auditivo del ser humano, está diseñado para percibir y recibir sonidos dentro de un rango de

intensidades determinado, si esto se supera y se expone de manera sostenida se produce efectos nocivos tanto fisiológicos como también psicofisiológicos sobre la salud.

Efectos fisiológicos del ruido son: La fatiga auditiva, El encubrimiento, Sordera profesional.

La fatiga auditiva es la dificultad de percibir un sonido los cuales su intensidad sea inferior a 70 dB. Por otro lado el encubrimiento es la dificultad de percibir sonidos que estén por debajo de otro sonido. La Sordera profesional es aquella que se da en el ámbito profesional ya que las personas están expuestas a ruidos intensos. Tal es el caso de los carpinteros, perforadores, mecánicos e ingenieros aeronáuticos.

A partir de los 100 dB, si el ruido o sonido es sostenido comienzan a producirse efectos nocivos sobre nuestra salud.

Dependiendo de la intensidad del sonido se puede diferenciar qué es ruido y qué no lo es.

La intensidad del ruido o cualquier sonido es medida en decibeles. Al silencio absoluto le corresponden 0 dB; una conversación normal genera 60 dB, una intensidad razonable para escuchar música tiene 80dB, un barrio tranquilo tiene 40-50 dB y la calle de una ciudad media alcanza los 80 a 100 dB. En una discoteca el nivel de ruido excede ampliamente los 120-130 dB y de igual forma ocurre, frecuentemente, con los equipos musicales portátiles con audífonos.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema electrónico que elimine la contaminación sónica (Ruido) en espacios cerrados tales como aulas escolares, habitaciones, salas de estar o salones de conferencia, que se ven afectados por ruidos externos e internos, producidos por radios con volumen alto, tránsito terrestre, construcciones rurales, entre otros.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el nivel de ruido en espacios cerrados.
- Tomar datos del nivel de ruido utilizando sonómetro.
- Captar el ruido a través de micrófonos.
- Construir una señal con los mismos componentes que la señal de ruido pero desfasada 180 grados.
- Controlar el ruido dentro de espacios cerrados adecuando el sonido a niveles agradables al oído.
- Emitir la señal reconstruida mediante parlantes para crear una anulación sonora.
- Adecuar los elementos del sistema para lograr la eliminación de contaminación sónica.

CAPITULO I. MARCO TEORICO

1.1. Sistema Auditivo

El oído o sistema auditivo periférico comienza en el pabellón auricular y llega hasta la cóclea. Su misión es convertir las vibraciones mecánicas en impulsos nerviosos para que sean procesados en el cerebro. (Basso, 2006)

En la figura 1 se lo representa esquemáticamente.

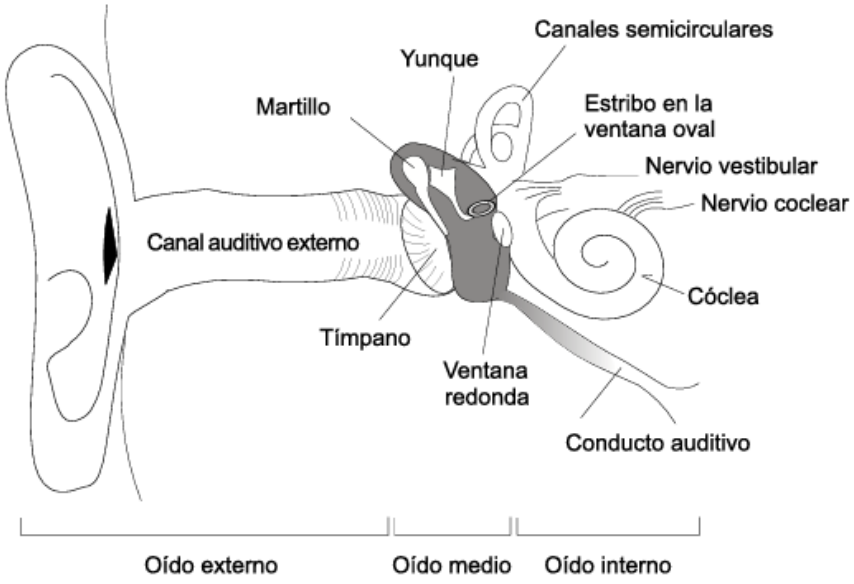


Figura 1
Sistema Auditivo
Fuente: (Basso, 2006)

Está dividido en tres partes: oído interno, oído medio y oído externo. El oído interno también comparte canales semicirculares los cuales pertenecen al sentido de equilibro. (Basso, 2006) define cada parte del oido de la siguiente manera:

El **oído externo**, junto a la cabeza y la parte superior del torso, forma parte del sistema receptor de vibraciones que acopla el tímpano[1] con el campo acústico externo. Además de proteger lo ante posibles agresiones mecánicas, filtra y modifica las señales que le llegan del exterior y contribuye decisivamente en la tarea de localización espacial de las fuentes acústicas. Una descripción anatómica del oído externo, de adentro hacia afuera, incluye el canal auditivo externo, la concha y el pabellón auricular[2]. (p.20)

El **oído externo**, junto a la cabeza y la parte superior del torso, forma parte del sistema receptor de vibraciones que acopla el tímpano[3] con el campo acústico externo. Además de proteger lo ante posibles agresiones mecánicas, filtra y modifica las señales que le llegan del exterior y contribuye decisivamente en la tarea de localización espacial de las fuentes acústicas. Una descripción anatómica del oído externo, de adentro hacia afuera, incluye el canal auditivo externo, la concha y el pabellón auricular[4]. (p.20)

El **oído medio** permite acoplar las señales acústicas entre el canal auditivo y el oído interno. Ocupa una cavidad en el hueso temporal denominada caja timpánica y está constituido por el tímpano, la cadena de huesillos/martillos, yunque y estribo con sus

[1] El tímpano es una membrana semitransparente con forma de cono con una superficie de 0.6cm. Basso, Gustavo: *"Percepción auditiva"*, 1ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2006. Buenos Aires.
[2] El pabellón auricular (la oreja) es una estructura cartilaginosa que actúa como un filtro direccional de las señales que llegan del exterior. Basso, Gustavo: *"Percepción auditiva*", 1ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2006. Buenos aires.

[1] El tímpano es una membrana semitransparente con forma de cono con una superficie de 0.6cm. Basso, Gustavo: *"Percepción auditiva"*, 1ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2006. Buenos Aires.
[4] El pabellón auricular (la oreja) es una estructura cartilaginosa que actúa como un filtro direccional de las señales que llegan del exterior. Basso, Gustavo: *"Percepción auditiva*", 1ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2006. Buenos aires.

ligamentos y músculos de control, la trompa de Eustaquio y las ventanas oval y redonda, que lo comunican con el oído interno. Su principal función es la de permitir que las vibraciones acústicas lleguen a la cóclea con suficiente energía. Si las señales llegasen directamente al oído interno a través de la ventana oval, casi toda la energía se reflejaría a causa de la diferencia entre las propiedades mecánicas del medio aéreo exterior y del medio liquido de la cóclea. En los vertebrados terrestre el oído medio actúa como un sistema de acople que adapta ambos medios, permitiendo una efectiva transferencia de energía.(p.24)

El **oído interno** es parte de una cavidad irregular del hueso temporal que recibe el nombre de laberinto óseo y comprende el vestíbulo, el caracol y los canales semicirculares. Sus paredes están formadas por hueso recubierto de epitelio y contiene un líquido acuoso parecido al líquido amniótico. Gran parte del espacio interior está ocupado por un sistema de finos conductos y sacos que constituyen una segunda capa, de paredes tapizadas por tejido conectivo blanco, llamado laberinto membranoso. La porción del laberinto óseo que sigue a la ventana oval se denomina vestíbulo, que a su vez está dividido en dos partes, utrículo y sáculo. Mientras la base del estribo cubre casi completamente la ventana oval, la ventana redonda se halla recubierta por una delgada membrana de tejido conectivo. Un estrecho canal conduce del sáculo al conductor coclear, situado en el interior del caracol. (p.30)

1.1.1. Funcionamiento del oído ante alteraciones sonoras

El oído funciona de manera diferente dependiendo de si se produce una interacción con el campo libre, mediante auriculares o mediante parlantes. Todas estas exposiciones con el oído producen alteraciones sonoras. Por ejemplo cuando la audición es mediante auriculares la interacción del campo libre es reemplazada por la interacción entre el auricular y el oído.

La audición tiene diferencias respuesta dependiendo el espectro de frecuencia[5] debido al medio en el cual se producen. En el caso de la audición por auriculares tiene las características de una excelente respuesta a espectros de frecuencias bajas.

Este efecto se explica por la diferencia en el acople acústico entre ambas situaciones. Con la fuente en el campo libre actúa como filtro del oído externo en toda su capacidad: La energía de baja frecuencia llega atenuada al tímpano pues difracta alrededor de la cabeza. Cuando se coloca un auricular se cierra la comunicación con el campo libre y se crea una cavidad estanca compuesta por el volumen interno del auricular más el volumen interno del oído externo. En la figura 2 se puede ver este caso. (Basso, 2006)

[5] Espectros de frecuencias ya sea: Bajas frecuencias, Frecuencias Medias y Altas Frecuencias

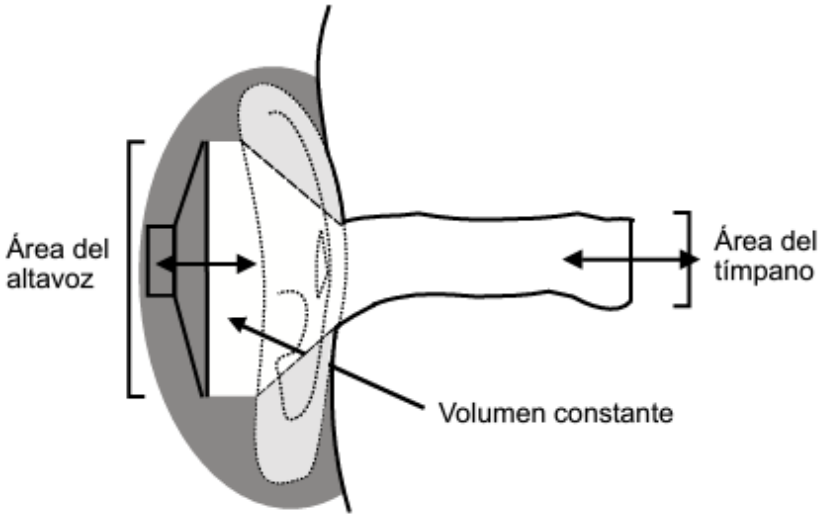


Figura 2
Oído interno
Fuente: (Basso, 2006)

Esto quiere decir que cuando se analiza el funcionamiento del oído se debe determinar el medio en el cual se produce el sonido.

Las vibraciones del tímpano se transmiten hacia el oído interno a través de tres pequeños huesecillos: el martillo, el yunque y el estribo. El martillo posee una parte prominente, el manubrio, que se inserta entre las láminas de la membrana timpánica. A su vez, el martillo y el yunque están conectados entre sí y a la pared ósea por medio de ligamentos. El yunque se vincula con el estribo a través de otro ligamento, y el pie del estribo se conecta por medio de un ligamento anular a la ventana oval. La trompa de Eustaquio, que conecta el oído medio con la cavidad nasofaríngea, es un conducto de paredes blandas que está cerrado la mayor parte del tiempo y que se abre al tragar, masticar o bostezar. Su función es la de permitir la ecualización de la presión estática a ambos lados del tímpano. Gracias a este mecanismo el aire en el interior ejerce la misma presión que la atmosfera desde el

exterior. Se resuelve así la paradoja que inquiere por que la presión atmosférica, de un valor superior a 100 kPa, no se oye mientras que una señal acústica de solo 20 Pa nos resulta de una intensidad intolerable. La respuesta es sencilla: la presión atmosférica, prácticamente estática, no mueve al tímpano pues se ejerce con igual valor en sus dos caras gracias a la acción de la trompa de Eustaquio. La presión dinámica, que vibra a frecuencias superiores a 16Hz, se aplica con facilidad sobre la cara externa del tímpano pero llega con dificultad a la cara interna, aun con la trompa de Eustaquio abierta. La diferencia de presiones dinámicas se traduce en un movimiento efectivo del tímpano y de la cadena de huesecillos. (Basso, 2006)

1.2. El sonido

El sonido es una perturbación mecánica de tipo ondulatorio que se propaga en medio elástico (aire, agua o cualquier otro medio) produciendo variaciones de la presión o vibración de partículas que pueden ser detectadas por el oído humano o por medio de instrumentos. (Robledo, 2007)

El sonido tiene una amplitud y una intensidad característica del mismo, la amplitud no es más que una manifestación de la cantidad de energía presente en el sistema. Como esta energía no se puede medir directamente y es muy difícil de determinar la amplitud del movimiento de las moléculas, se acostumbra medir algún parámetro más accesible. La energía de la onda es muy difícil de medir por tanto es más sencillo evaluar la presión

dinámica la cual es un parámetro relacionado con la energía de la onda y puede ser medida directamente con un micrófono. La presión es una magnitud que vincula una fuerza con la superficie sobre la que se aplica, y la unidad que le corresponde es el pascal, que equivale a una fuerza de un newton aplicada sobre la superficie de un metro cuadrado. Una onda acústica que se propaga en el aire está formada por una sucesión de zonas de presión por encima y por debajo de la presión atmosférica media. La presión atmosférica normal, a nivel del mar, es de aproximadamente 101.300 Pa y se mantiene relativamente constante durante intervalos de tiempo breves. (Basso, 2006)

La presión atmosférica del sonido produce una intensidad la cual puede ser medible y tiene una unidad de medida estándar llamada decible, que es un porcentaje del aumento de sonoridad constante. A mediados del siglo XIX Weber y Fechner[6] condensaron matemáticamente este comportamiento en dos leyes que permitieron la creación de una unidad logarítmica, el decibel, mucho más adecuada para describir la relación entre la energía del estímulo físico y la sonoridad resultante. De aquí se obtiene una de las magnitudes más usadas en acústica, el nivel de presión sonora (NPS), cuya unidad es el decibel (dB):

$$NPS = 20\ log_{10} \frac{p}{p_{ref}}\ [dB];\ con\ p_{ref} = 20\ \mu Pa$$

Ecuación 1 Potencia de Señal Útil versus potencia de Referencia

[6] Ernst Heinrich Weber (1795-1878) y Gustav Theodor Fechner (1801-1887), fisiólogos alemanes pioneros de la psicología experimental y creadores de la psicofísica de la psicología experimental y creadores de la psicofísica

En esta relación p es la presión acústica en un punto del espacio y p_{ref} es una referencia convencional estandarizada. Hay varios elementos a destacar en esta ecuación: en primer término, el nivel compara dos presiones dinámicas entre sí, indicando cuál de ellas es mayor y en qué proporción. En segundo lugar, para poder comparar dos niveles de presión en dB estos deben haber sido tomados según una misma presión de referencia. El estándar internacional estipula que la referencia debe coincidir con el umbral de audibilidad a 1.000Hz, que corresponde a una presión de 20uPa. Así se consigue vincular de manera directa una unidad física, el decibel, con una de las principales características de la audición humana. Por último, el enorme rango físico presente en los estímulos acústicos, en la que mayor presión audible supera el millón de veces a la menor, se reduce considerablemente al ser expresado en decibel. En la figura 3 se aprecia la relación entre la presión dinámica de la señal, expresada en pascales, y el nivel de presión sonora en decibeles. (Basso, 2006)

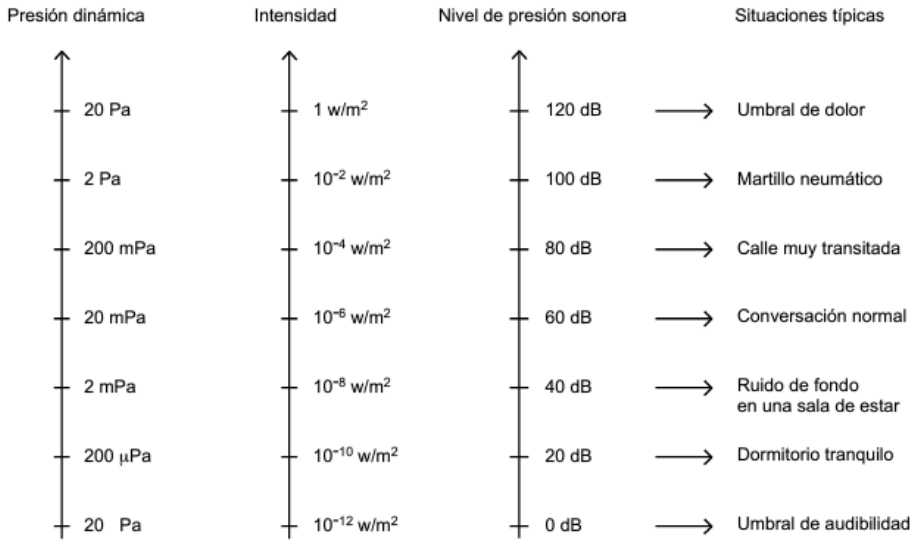


Figura 3
Presión Sonora Dinámica y en Decibeles
Fuente: (Basso, 2006)

Toda onda acústica nace en una fuente cuya función es transferir energía al medio. La cantidad de energía (E) que entrega por unidad de tiempo se denomina potencia (P) y constituye una de sus características más importantes. La potencia se mide en watts (W) y se vincula con la energía a través de la siguiente ecuación:

$$P = \Delta E / \Delta t \qquad [W] = [Joule]/[s]$$

Ecuación 2. Relación entre potencia y Energía del sonido
Fuente: (Basso, 2006)

Es decir que la potencia describe la variación de energía que ocurre en el tiempo. En otros términos, es el trabajo físico ejercido por la fuente durante el tiempo. La potencia acústica máxima que se entrega algunos instrumentos musicales se puede apreciar en la siguiente tabla 1:

Fuente acústica	*Potencia acústica máxima*
Cantante (tenor)	0,04 W
Flauta	0,05 W
Trompeta	0,2 W
Trombón	6 W
Orquesta sinfónica (*fff*)	60 W

Tabla 1 Potencia Acústica Máxima
Fuente: (Basso, 2006)

La energía total que radia la fuente se propaga en muchas direcciones. Otra magnitud, la intensidad acústica (I), da cuenta de la potencia que atraviesa un área A:

$$I = P / A \qquad [W/m^2]$$

Ecuación 3. Intensidad del Sonido como relación entre la Potencia y el área
Fuente: (Basso, 2006)

Es posible demostrar que la intensidad acústica de una onda progresiva plana es proporcional al cuadrado de su presión dinámica:

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c} [W/m^2]$$

Ecuación 4. Proporcionalidad cuadrática entre intensidad y presión dinámica
Fuente: (Basso, 2006)

en la que po es la intensidad media del aire y c es la velocidad de propagación del sonido en ese medio. En la figura 1 se puede observar los valores que toma la intensidad acústica ante algunas fuentes acústicas cotidianas. (Basso, 2006)

A partir de la intensidad I es posible definir el nivel de intensidad acústica (NI):

$$NI = 10\ log_{10}\ \frac{I}{I_{ref}} [dB];\ con\ I_{ref} = 10^{-12}\ W/m^2$$

Ecuación 5. Decibel calculado vía la intensidad
Fuente: (Basso, 2006)

Para el caso de ondas planas o esféricas progresivas el valor del nivel de intensidad NI coincide aproximadamente con el nivel de presión sonora NPS. Cualquiera de las magnitudes anteriores (amplitud, presión, NPS, intensidad y NI) puede deducirse de las demás: todas se refieren, en última instancia, a la cantidad de energía asociada a una onda acústica. (Basso, 2006)

1.3. El ruido

El término "ruido" es aquel sonido complejo que tiene numerosas fluctuaciones aleatorias, distribuidas a lo largo de un amplio marguen de frecuencias. (Palacián, 2010)

1.3.1. Mediciones del Ruido

El ruido es un fenómeno físico el cual puede ser medido, pero antes debemos determinar la fuente del ruido[7], ya que se utilizan equipos y parámetros diferentes para dependiendo las característica de cada fuente.

[7] Las fuentes de ruidos se refiere por ejemplo: ruido del transporte, ruido de un aeropuerto, etc…

Según (Pereita, 1990) existen tres tipos de analisis de ruidos los cuales son:

- Analisis espectral del sonido
- Analisis y valoracion del ruido ambiental
- Analisis y valoracion del ruido ocupacional

1.3.2. Analisis espectral del sonido

En este tipo de técnica se encarga de determinar el contenido energético de un sonido en función de la frecuencia, de esta manera se realiza un análisis espectral del sonido utilizando filtros que actúan sobre determinados intervalos de frecuencias. Los parámetros de un análisis espectral son: filtros, frecuencias nominales de corte superior e inferior, banda pasante, filtro pasabanda, anchura de banda nominal, anchura de banda constante y anchura de banda proporcional.

Los filtros son circuitos electrónicos que actúan separando oscilaciones sobre la base de su frecuencia. (p.37)

Frecuencias nominales de corte superior e inferior son aquellas frecuencias por encima y por debajo de las frecuencias de máxima respuesta de un filtro, a la que la respuesta de la señal sinusoidal es de 3dB por debajo de la respuesta máxima. (p.37)

Banda pasante es el margen de frecuencias comprendido entre las frecuencias de corte superior e inferior. (p.37)

Filtro pasabanda es un filtro cuya única banda pasante se extiende desde una frecuencia de corte inferior, mayor a cero, y una superior por encima de esta. (p.37)

Anchura de banda nominal es la diferencia entre dos frecuencias nominales de corte. Puede expresarse en Hz, o en porcentaje de la banda pasante. Una forma habitual de expresión es:

$$\text{Anchura } \% = \frac{Af}{fc} \times 100$$

Af = Anchura de la banda en Hz.
fc = Frecuencia central en Hz.

Ecuación 6. Ancho de Banda Nominal
Fuente: (Basso, 2006)

Anchura de banda constante se considera como tal, cuando la diferencia entre ambas frecuencias de corte es siempre idéntica en distintas bandas. Se utiliza para un análisis detallado de una señal sonora. (p.38)

Anchura de banda proporcional es cuando el ancho de banda es proporcional a la frecuencia. Las más utilizadas son:

Banda de octava el extremo superior del intervalo de frecuencia es el doble que el inferior.

$$\frac{f_2}{f_1} = 2$$

Ecuación 7. Relación de frecuencias entre octavas superiores e inferiores
Fuente: (Basso, 2006)

Las octavas se caracterizan por su frecuencia central, definida por su media geométrica.

$$fc = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

Ecuación 8. Frecuencia Central
Fuente: (Basso, 2006)

Tercio de octava son los tres intervalos en que queda dividida una octava. Sus frecuencias de corte superior e inferior quedan relacionadas por:

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} \quad , \quad fc = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

Ecuación 9. Relación entre los tercios de octava
Fuente: (Basso, 2006)

1.3.3. Análisis del Ruido Ambiental

El ruido ambiental tiene como característica que posee valores aleatorios en el tiempo por tanto es necesario realizar diferentes medidas para poder aislar esta señal. Para esto se realiza una valoración sonora para poder cuantificar la medida de los niveles de presión

sonora (SPL) de un sonido o ruido. La medida de los SPL suelen realizarse en forma de medidas objetivas y en forma de medidas subjetivas.

Las medidas objetivas de la sonoridad representan el valor eficaz del nivel de presión sonora (SPL) y se dan en dB. En cambio las medidas subjetivas de la sonoridad representan valores de los SPL corregidos mediante filtros de frecuencias, que pretenden simular las condiciones especiales de respuesta del oído al ruido. De esta manera los filtros amplifican o disminuyen los niveles de sonidos a una frecuencia determinada. (Pereita, 1990)

Cuando evaluamos el contenido energético del ruido en el tiempo suele utilizarse para valorar las molestias y para comprar diferentes fuentes de sonidos. Los parámetros más utilizados para definir el contenido energético de un ruido en el tiempo según (Pereita, 1990) son:

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq) es un parámetro que mide la cantidad de energía fluctuante de un sonido. Se define como el nivel de presión sonora que tendría un sonido en régimen permanente con igual energía que el sonido fluctuante que se trata de medir. Se puede definir también como el nivel R.MS del sonido en el periodo medido. (p.44)

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t)\, dt \; / P_o^2 \right] dB =$$

$$= 10 \lg \left(\frac{1}{T} \Sigma\, ti\; 10^{SPLi/10} \right)$$

T = Periodo de medición = $t_2 - t_1$
P (t) = Presión sonora variando en el tiempo
P_o = Presión de referencia 2×10^{-5} Pa
ti = Tiempo de exposición al nivel de presión sonora SPLi
SPLi = Nivel de presión sonora en dB o dBA.

Fuente: (Basso, 2006)

Si esta medición se realiza en dBA[8], la expresión utilizada para el Leq es de Leqa.lo cual es recomendado cuando el nivel de ruido es fluctuante y se desea conocer un valor medio de exposición a lo largo de un periodo de tiempo. (p.45)

Nivel de exposición Sonora (S.E.L) se define como el nivel de sonido constante en un segundo que tiene la misma energía que el ruido considerado en un periodo determinado de tiempo.

$$SEL = 10 \lg \left[\int_{t_1}^{t_2} P^2(t)\, dt \; / \; (P_o^2 \cdot T_o) \right] dB$$

T_o = Tiempo de referencia de 1 seg.
P (t) = Presión sonora
P_o = Presión sonora de referencia -20×10^{-5} Pa

Fuente: (Basso, 2006)

[8] Decibelio ponderado A (dBA) es una unidad de medida que se diferencia del dB porque filtra las bajas y altas frecuencias dejando únicamente las más dañinas para nuestro oído, significando un riesgo auditivo exponernos a estos ruidos medidos en dBA.

En la figura 4 se muestra una gráfica con los términos en el tiempo de SEL, Lqe y RMS.

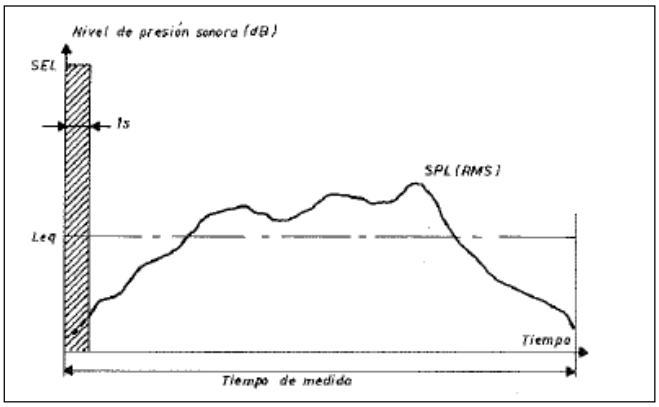


Figura 4
SEL, Leq y RMS en el tiempo
Fuente: (Basso, 2006)

El SEL tiene dos aplicaciones fundamentales. La primera es la de comparación de ruidos de tipo transitorio, para valorar su magnitud. La segunda es la de utilizar el SEL para valorar el Lqe para un periodo determinado de tiempo, conociéndose los SEÑ de los diferentes sucesos que ocurren en el periodo de tiempo. (p.46)

En un intervalo de tiempo T, la relación entre SEL y Lqe es:

$$Leq = 10 \lg \sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{SEL_i}{10}} - 10 \lg\left(\frac{T}{T_o}\right)$$

$$SEL = Leq + 10 \lg \left(\frac{T}{T_o}\right)$$

donde:
T = Tiempo total de exposición
T_i = Tiempo de exposición al suceso i, con valor SEL_i

Fuente: (Basso, 2006)

1.3.4 Parámetros descriptores del ruido

El ruido puede ser valorado en diferentes ambientes y para diferentes circunstancias. Los más comunes son según (Pereita, 1990):

Nivel de contaminación por Ruido (LPN) o Noise Pollution Level (LNP) es utilizado para valorar y cuantificar los problemas de ruido ambiental, teniendo en cuenta las molestias producidas por las variaciones del nivel alrededor del valor medio. Se define por:

$$LNP = Leq + 2{,}56\,\sigma$$

Fuente: (Basso, 2006)

Siendo Leq, el nivel continuo equivalente el ruido medio y σ , la desviación standard del valor principal, cuya expresión es:

$$\sigma = \left(\frac{n_i \, (L_i - L)^2}{N} \right)^{1/2}$$

Fuente: (Basso, 2006)

Nivel sonoro corregido medio día-noche (LDN) es un nivel equivalente, Leq, de 24 horas que penaliza el nivel nocturno en 10 dB.

$$LDN = 10 \lg \frac{1}{24} \left[15 \times 10^{\frac{Leq\ d}{10}} + 9 \times 10^{\frac{Leq\ N\ +\ 10}{10}} \right]$$

Leq d = Nivel continuo equivalente durante el día (07-22)
Leq N = Nivel continuo equivalente durante la noche (22-07)

Fuente: (Basso, 2006)

Índice de ruido de tráfico (TNI) (Traffic Noise Index) es un índice empírico en dBA, utilizado para la valoración del ruido por tráfico, basado en los Ln[9] y la dispersión.

$$TNI = 4\ (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

Fuente: (Basso, 2006)

Para medir las molestias producidas por el ruido de aeronaves se emplean los siguientes índices:

Nivel de Ruido Percibido (PNL) (Perceived Noise Level) es un parámetro muy complicado de medir, utilizado para clasificar molestias, obtenido a partir de análisis en frecuencias y de una serie de contornos de operación. (p.49)

$$PNL \simeq SPL\ (dBA) + 13$$

Fuente: (Basso, 2006)

[9] Niveles percentiles, indican los SPL lineal o ponderado A que han sido alcanzados o sobrepasados en N% del tiempo

Nivel de Ruido Percibido Efectivo (EPNL o LEPN) este parámetro tiene en cuenta la duración del suceso del ruido según la norma ISO 3891. La expresión para su determinación se basa en la integración del PNL a lo largo del tiempo de duración. (p.49)

$$L_{EPN} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} 10^{\frac{PNL}{10}} dt$$

Fuente: (Basso, 2006)

Índices de Ruido y Numero de Operaciones (NNI) (Noise and Number Index) es una medida compuesta que tiene en cuenta la medida de los niveles máximos percibidos, así como el número de vuelos de aeronaves (N), durante el periodo de observación. El valor numérico viene dado por la expresión (p.46):

$$NNI = \overline{L}_{PNL\ max} + 15 \lg N - 80$$

Fuente: (Basso, 2006)

Valores de 10 NNI son producidos por vuelos ocasionales y pueden producir alguna interferencia en el ambiente exterior, pero no en el interior. Valores de NNI comprendidos entre 35 y 55, son producidos por aviones que sobrevuelan regularmente al oyente, equivalen a niveles de ruido intrusivos en las viviendas. Valores de NNI del orden de 65-75 producen verdaderas molestias en el interior de las casas. (p.49)

1.3.5. Análisis y valoración del ruido ocupacional

La evaluación del riesgo de exposición a niveles de ruido en el ambiente laboral se realiza midiendo los parámetros definidos de niveles de presión sonora lineal y ponderada A, así como los niveles continuos equivalentes de exposición Leq. En aquellos casos de exposición a ruido de impacto se valora también, además del número de impactos en la unidad de tiempo, valor pico (SPL), en dB, del impacto. (Pereita, 1990)

La valoración más frecuente que se realiza en el ambiente ocupacional son las dosimetrías. Consisten en una evaluación de exposición a distintos niveles de ruido en un tiempo predeterminado según una determinada ley o norma de valoración. El valor que se obtiene en la medida representa un valor porcentual respecto a la máxima dosis permitida (100%) de acuerdo con el criterio de valoración higiénico utilizado. (Pereita, 1990)

1.4. Fuentes de Ruido

El ruido tiene características temporales, frecuenciales y espaciales. Para su clasificación debido a sus características temporales se clasifican de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación de los tipos de ruido por sus características temporales

(Parra, 1997,p.31)

En muchas aplicaciones el ruido tiene un carácter mezclado. Por ejemplo, el ruido de un ventilador tiene unas componentes periódicas, correspondientes al paso de las paletas, sobre un fondo de ruido continuo. Desde el punto de vista de su contenido frecuencial, el ruido puede ser de banda ancha o de banda estrecha. Como ya sabemos, las características temporales y frecuenciales están interrelacionadas, de modo que un ruido de banda estrecha se suele corresponder con un ruido periódico, mientras que un impulso suele tener un espectro de banda ancha. De nuevo, el carácter mezclado de gran parte de los problemas de

ruido, puede resultar en un espectro con unas componentes estrechas (unos picos) sobre un fondo de banda ancha (ruido aleatorio). En cuanto a las características espaciales de los ruidos, es muy importante conocer su diagrama de directividad. En general, los ruidos de baja frecuencia suelen ser omnidireccionales, mientras que los de alta frecuencia suelen radiar en algunas direcciones preferidas. (Parra, 1997)

Podemos clasificar los tipos de ruido según su origen o fuente. Como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.
Fuentes de ruido

(Parra,1997,p.32)

1.5. Captación de Ruido

Para medir ruidos acústicos existen variedades de sistemas, ya sea compuesto por un determinado número de instrumentos interconectados. Aunque cada equipo es distinto, básicamente todos consisten en un transductor, una sección de análisis y una unidad de visualización. El transductor es habitualmente un micrófono, aunque para algunas aplicaciones se utilizan acelerómetros, o sensores de fuerza. (Perez & Bolaños, 1990)

1.6. Instrumentos de Medida

El sonómetro portátil es la mejor elección para tener un sistema de medida completo y preciso, y que incluye todos los elementos mencionados anteriormente. Existen diferentes modelos que van desde el más sencillo que efectúa únicamente medidas ponderadas A, a los más complejos que incluyen todas las redes de ponderación normalizadas, y facilidades para medir ruidos impulsivos, utilizar filtros, o integradores que permiten obtener el SEL, conservando su característica de aparatos portátiles. (Perez & Bolaños, 1990)

Los sonómetros actuales permiten medir diferentes características del ruido. A modo de ejemplo se citan algunas:

Valor máximo con constantes de tiempo fast o slow y reset automático cada 1 segundo, o manual mediante pulsador.

Leq para periodos fijos de medida de 1 minuto o periodos variables de cualquier duración.

Valor máximo de pico, muy útil en la prevención de la pérdida de la audición.

Los sonómetros se clasifican según su grado de precisión en clase 0, 1,2 y 3, siendo la clase 0 los de máxima precisión y los de la clase 1, de gran precisión. Para muchas medidas normalizadas se recomienda utilizar sonómetros que sean de clase 1 por lo menos, pues los de clase 2 y 3 presentan mayor tolerancia. (Perez & Bolaños, 1990)

Finalmente, el concepto más avanzado en cuanto a sonómetros, es el sonómetro modular, que en realidad consiste en un ordenador introducido en la caja del sonómetro, y que puede medir y efectuar cualquier medida o cálculos con medidas previas dependiendo únicamente del cartucho de memoria que se haya cargado. (Perez & Bolaños, 1990)

1.6.1. Filtros

Como ya se ha mencionado, para tener un conocimiento mejor de las características del ruido es necesario efectuar un análisis en frecuencia del mismo. Para ello nos valdremos de unos instrumentos denominados filtros, que permiten evaluar la composición del ruido por bandas de frecuencia. Existen dos grandes clases de filtros: los de laboratorio y los de medidas en campo, que generalmente se conectan a los sonómetros, los más habituales son:

- 1 octava
- 1 octava y 1/3 de octava seleccionable
- Infrasonidos y ultrasonidos

Los filtros de 1 octava se componen, en general, de 10 filtros normalizados de frecuencias centrales comprendidas entre 31.5Hz y 16kHz, mientras que los de 1 octava y 1/3 de octava tienen frecuencias centrales comprendidas entre 20Hz y 20kHz. Los filtros de infrasonidos y ultrasonidos tienen como misión evaluar las componentes del ruido con frecuencias inferiores o superiores al marguen audible. (Perez & Bolaños, 1990)

La ventaja de los filtros modernos es que permiten efectuar análisis automáticos en frecuencias de un ruido cuando se conectan a registradores portátiles de nivel. (Perez & Bolaños, 1990)

1.6.2. Dosímetros

Un dosímetro es un sonómetro integrador especializado que permite leer directamente la dosis de ruido a que ha estado sometido un trabajador. Esta dosis de ruido es una medida de la energía sonora ponderada A que ha recibido, y expresada como un porcentaje de la dosis de ruido máxima permitida diariamente. Por tanto, la dosis no solo depende del nivel de ruido, sino también de la duración de la exposición del trabajador al ruido. El dosímetro mide la dosis de ruido acumulada, independientemente de donde haya estado el trabajador y del tiempo en que allí haya permanecido. (Perez & Bolaños, 1990)

CAPITULO II. DISEÑO DE SISTEMA EN PLATAFORMA SIMULINK

2.1. Diagrama en bloques en plataforma Simulink

Un sistema electrónico es un conjunto de partes o bloques interconectados entre sí que desempeñan una o más funciones. Al momento de realizar un sistema electrónico primero se determina cuáles son las variables que intervienen en el sistema y luego se procede a modelar el sistema realizando bloques de funciones específicas (llamados Bloques funcionales), creando así un esquema o diagrama de bloques funcionales interdependientes, que algorítmicamente producen una solución a la problemática inicial. De este modo se facilita el diseño ya que se conocen todos los parámetros que se desean controlar y se puede determinar cuál es la forma más óptima de realizar el sistema. Vale decir que el modelado en los momentos actuales, se realiza con herramientas avanzadas de Software, que permiten dibujar el sistema concebido como modelo de la solución, mediante el "arrastrado y soltado" (Drag and Drop) de elementos fundamentales, capaces de realizar ciertas funciones matemáticas representados los mismos por cajas rectangulares con entradas y salidas, que pueden ser interconectadas por vía de enlaces relacionales, que le definen al Software Modelador, la secuencia lógica de la ejecución de cada una de las operaciones que esas cajas representan.

En esta ocasión utilizaremos la Software Simulink que opera de modo cooperativo con el ampliamente conocido software MATLAB R2015a. El SIMULINK posee una librería interactiva que proporciona una especie de laboratorio virtual completo para poder crear cualquier modelo de sistema que resulte del proceso de diseño conceptual y realizar simulaciones y estudios de dichos sistemas (de telecomunicaciones, electrónicos, eléctricos, Matemáticos, etc…). Con este software no solo se podrá diseñar el sistema que dará solución a la problemática planteada, sino que además se podrá probar virtualmente, antes de incurrir en costos de componentes electrónicos, piezas, chassis de metal, etc…. y se podrán aplicar las mejoras necesarias disminuyendo así el monto de la inversión en investigación y desarrollo. Una vez el modelo arroje el comportamiento esperado y logre mostrar un desempeño equivalente al esperado como solución, solo entonces se podrá invertir en la materialización de un prototipo físico, pero con la seguridad de que tiene mucho mayor probabilidades de funcionar apropiadamente, pues las correcciones fueron hechas a nivel sistémico y en el modelo matemático desarrollado

En este trabajo de grado se plantea un problema que se desea resolver pero antes se debe determinar las variables que debemos controlar para así poder realizar el diagrama en bloques y poder cumplir los objetivos descritos.

La problemática es la contaminación sónica o ruido un mal que definitivamente afecta a todo el mundo y que puede producir daños fisiológicos que afectan al ser humano, por tanto es importante controlarlo. El ruido es una contaminación con diversas características que depende tanto del tipo de ruido como también de la fuente que lo produce.

Sabiendo esto se debe determinar cuáles son las variables que nos interesan del ruido, determinando así las características de ellos. Las variables del ruido a usar son: **la intensidad en dB, la sonoridad, el nivel de presión sonora, la frecuencia y la amplitud**

Debemos tomar en cuenta que cuando se analizan sonidos a través del campo libre se produce lo que se conoce como superposición de señales ya que la mayoría de sonidos en el campo libre son invariantes en el tiempo (es decir el comportamiento del espectro de frecuencias no varía en el transcurso del tiempo). De esta forma sabemos que el sonido que llega a nuestro sistema auditivo es un conjunto de señales superpuestas entre sí. Por tanto se debe procesar ese sonido superpuesto para poder aislar el ruido de la señal de información.

Se realiza un procesamiento de señal para determinar la característica del ruido. Este procesamiento de señal nos ayuda a poder determinar tanto la intensidad en dB como también la amplitud de la señal de ruido, además de que nos muestra el espectro de frecuencias de las señales superpuestas.

Para realizar este procesamiento de la señal utilizamos la transformada de Fourier de esta manera podremos observar mediante analizadores de espectro las variables antes descritas. El bloque en simulink para el analizador de espectro es el que se muestra en la Figura 5, este analizador de espectro no es más que la transformada de Fourier de la señal de entrada mostrada en una gráfica.

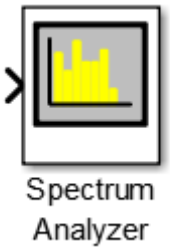
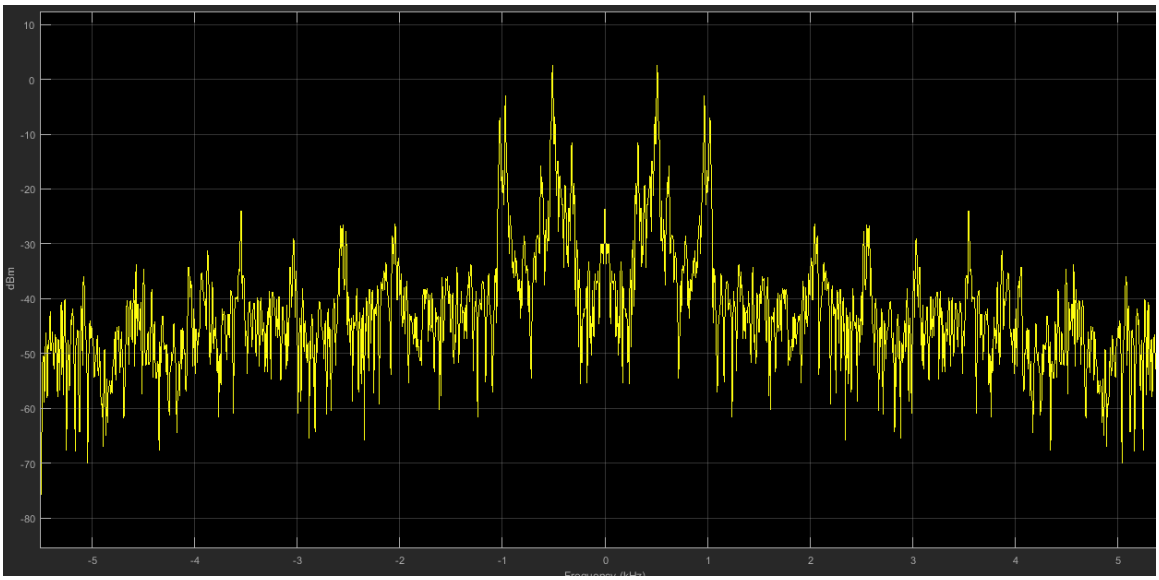


Figura 5
Bloque Analizador de Espectro en Simulink
Fuente: Simulink (MatLab R2015a)

A continuación un ejemplo de como se muestra la señal de un analizador de espectro en Simulink.

Este ejemplo es el espectro de frecuencias de un audio reproducido mostrado en la Figura 6 y en la Grafica 1 la señal espectral:

Figura 6
Análisis de Audio Simple
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)



Grafica 1
Espectro de Audio Simple
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

Luego de tener las intensidades en dB, las amplitudes y las frecuencias de las señales superpuestas podremos determinar cuáles señales nos interesa para ser luego ser procesadas y aisladas.

La técnica más óptima para aislar sonidos es utilizando filtros, ya que mediante estos se puede diferenciar rangos de frecuencias que a su vez pueden dejar pasar o bloquear estos rangos de frecuencias.

Entre los filtros más usados están: filtros pasa altos, filtros paso bajos, filtros pasa banda y filtros para bandas. Estos filtros en Simulink son los mostrados en la Figura 7:

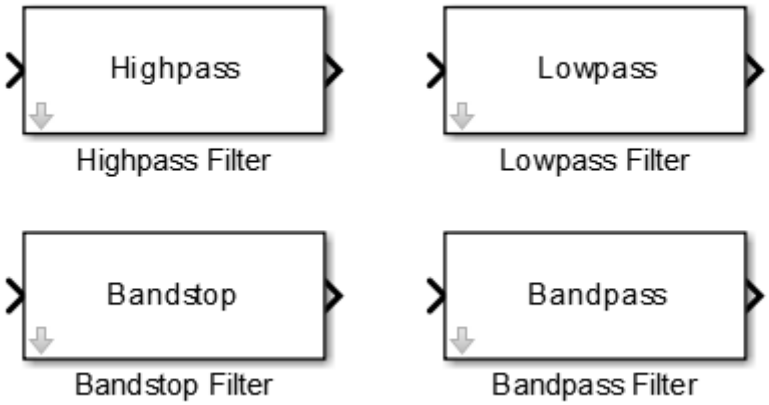


Figura 7
Bloques de Filtros en Simulink
Fuente: Simulink (MatLab R2015a)

Dependiendo del rango de frecuencias que queramos filtrar ya sea dejar pasar o parar, se utiliza uno de estos filtros. Con este bloque se podrá aislar el ruido y de esta manera poder solo manejar la señal de ruido que necesitamos.

Existen dos tecnologías básicas para poder controlar el ruido, cuando hablamos de controlar el ruido nos referimos a eliminarlo o en su defecto a atenuarlo, ya que cancelar el ruido por completo es algo ideal. Estas tecnologías son: eliminación de ruido de manera pasiva y eliminación activa de ruido.

La eliminación pasiva de ruido es cuando eliminamos el ruido de manera física utilizando materiales aislantes que sirven para atenuar el ruido que viene del exterior, esta tecnología se implementa mucho en estudios de grabación y en salones con aisladores de ruido. Por otra parte la tecnología de eliminación activa de ruido es aquella donde un sistema

electrónico produce una onda de sonido desfasada que al sumarse con la onda de ruido original da como resultado una cancelación o una atenuación de ruido, está por su parte es conocida por su uso en auriculares.

La tecnología de eliminación activa de ruido es la más avanzada por su versatilidad para usarse en diferentes ambientes y puede ser usado tanto en lugares grandes como en lugares reducidos y hasta en exteriores e interiores. Esta tecnología utiliza el mismo criterio de diseño el cual estamos implementando debido a que es un sistema integral.

La característica más importante de esta tecnología es la creación de una onda o señal de sonido desfasada la cual crea una interferencia destructiva en el campo libre. Característica la cual podemos incluir en el diseño original.

Como ya tenemos la señal de ruido aislada podemos integrar en el diseño esta característica de desfase de la señal que nos ayudara a reconstruir una nueva señal desfasada que va a inferir sobre la señal de ruido que tenemos aislada y se producirá la interferencia destructiva que terminara con una eliminación total o parcial del ruido. En Simulink podemos encontrar un bloque denominado Unary Minus encontrada en la librería la cual se representa como se muestra en la Figura 8:

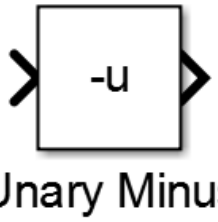


Figura 8
Bloque Unary Minus en Simulink
Fuente: Simulink (MatLab R2015a)

Este bloque se encarga de reconstruir el opuesto de una señal, es decir, desfasar una señal 180º.

2.2 Diseño de anulador de señal en Simulink

En el siguiente ejemplo mostrado en la Figura 9 un diseño el cual se le invierte la fase a una señal de entrada y más abajo las gráficas 2 y 3 de este sistema:

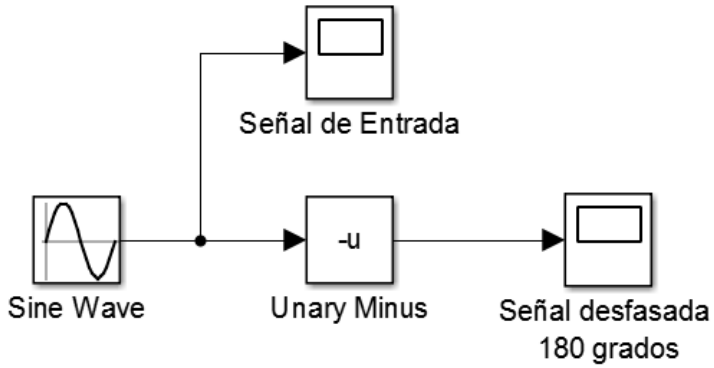
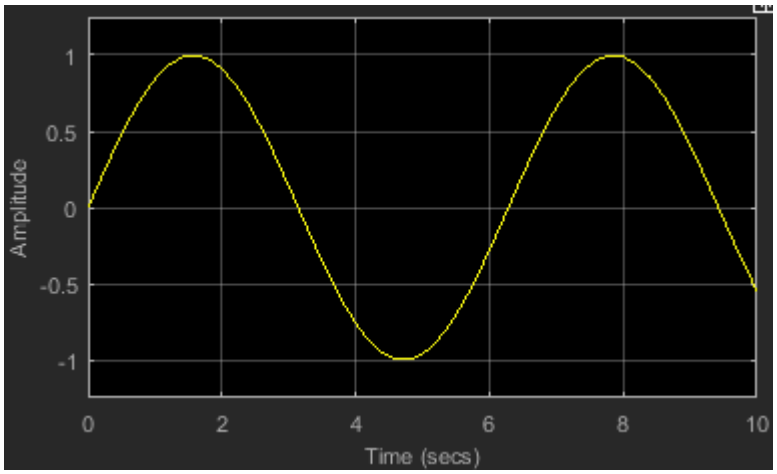
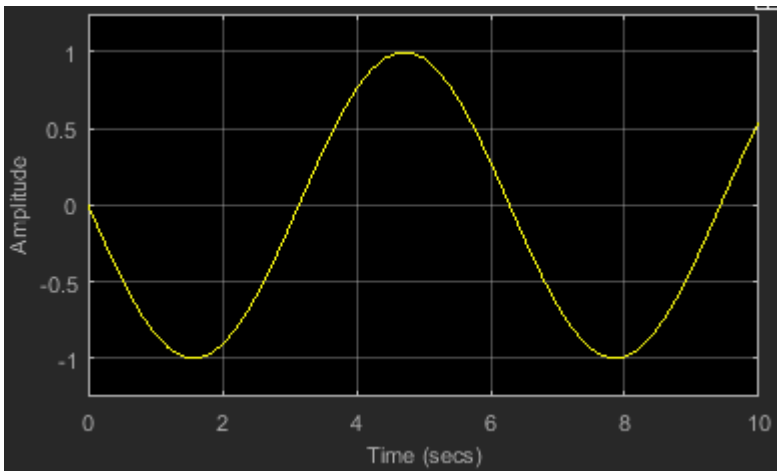


Figura 9
Sistema Inversora de Señal Simple
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)



Grafica 2
Señal Sinusoidal de Entrada
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)



Grafica 3
Señal Sinusoidal Desfasada 180º con el bloque Unary Minus
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

La Grafica 3 nos muestra la señal invertida a 180º la cual será emitida por un transductor de salida (Bocina) y al momento de que esta señal interfiera con el sonido en el campo libre se producirá la eliminación del ruido.

Ya conocemos la función de cada bloque y de esta manera unimos los diferentes bloques antes descritos para poder formar nuestro sistema, el resultado final se muestra en la Figura 10:

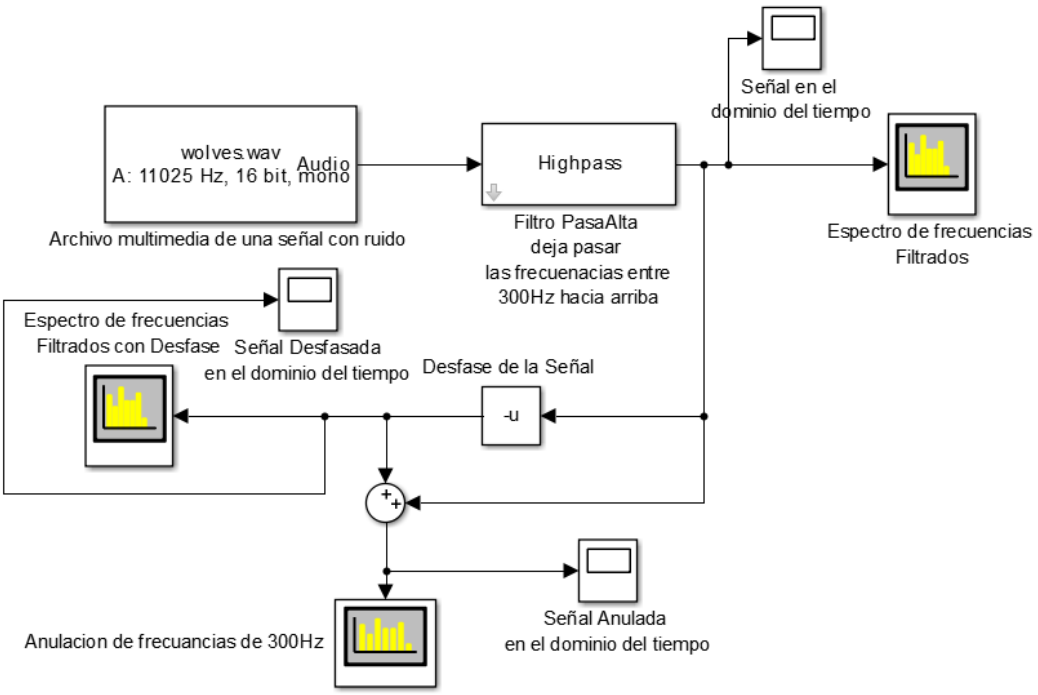
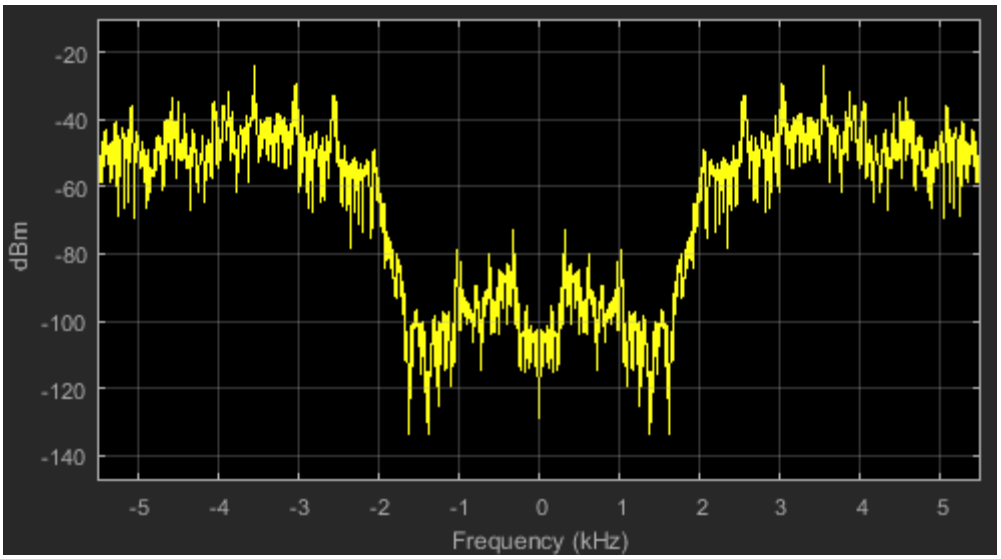


Figura 10
Sistema Complejo de Filtrado de Audio más Inversor de Señal
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

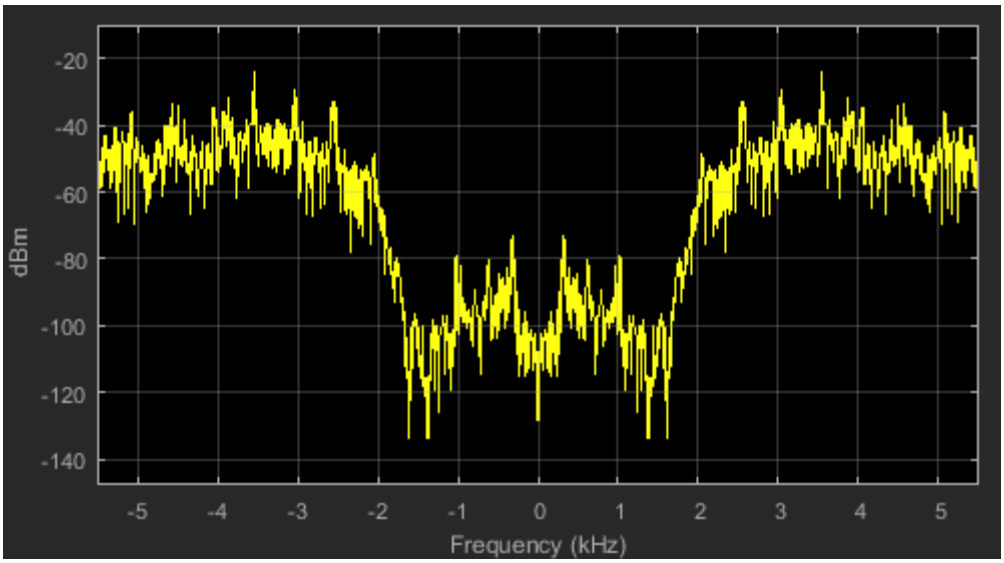
Este esquema es un sistema el cual reproduce un audio multimedia con un ruido de fondo, luego se aísla todas las frecuencias por encima de 300Hz mediante un filtro pasa alta, observando el espectro de frecuencias mediante la transformada de Fourier para poder apreciar la intensidad en dB de la señal. A la salida del filtro se coloca el bloque Unary Minus el cual invertirá solo la señal de ruido para de esta manera hacer la contra fase, a la

salida de este bloque se coloca un sumador el cual suma la señal de ruido aislada y la onda desfasada 180º que al sumarse da como resultado la anulación del ruido.

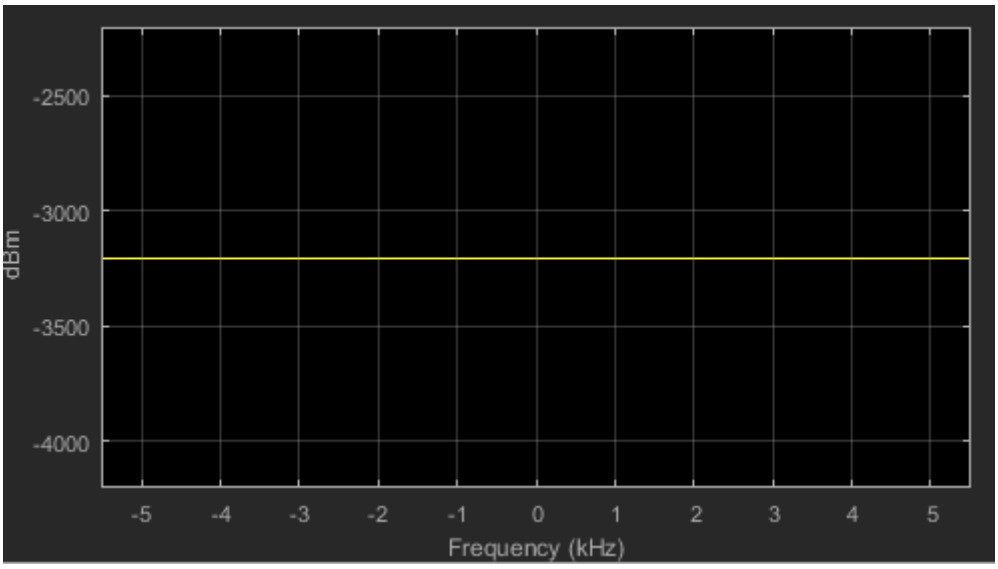
Podemos observar el comportamiento de las ondas mediante los analizadores de espectros. Estos comportamientos en el dominio de la frecuencia se observan en las siguientes graficas 4,5 y 6:



Grafica 4
Señal de Ruido Desfasada
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

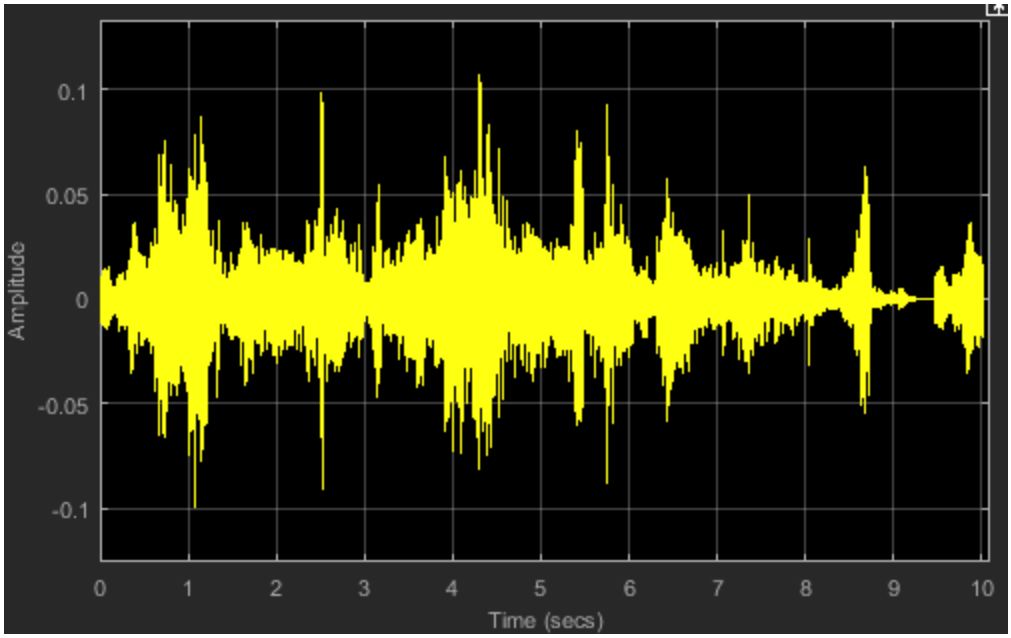


Grafica 5
Señal de Ruido Filtrada
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

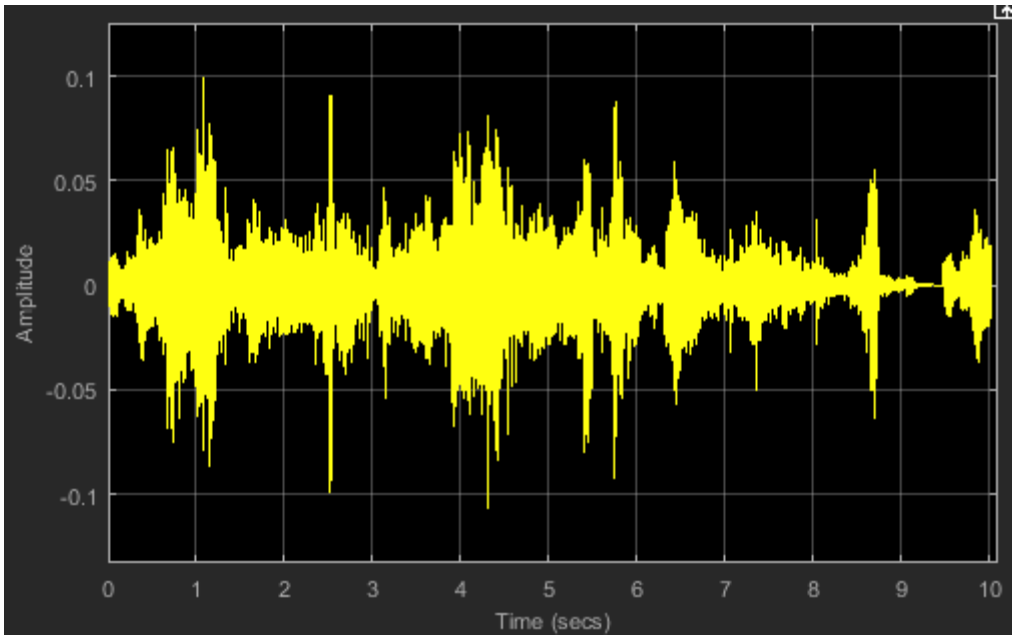


Grafica 6
Señal de Ruido Anulada
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

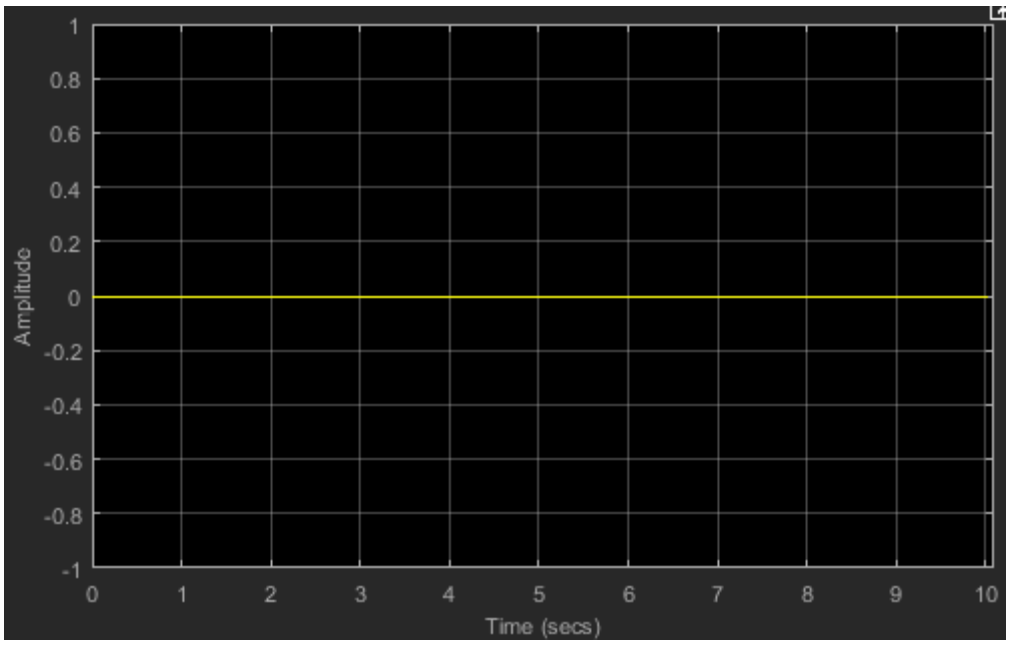
También podemos ver el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo, como se muestra en las siguientes graficas 7, 8 y 9:



Grafica 7
Señal de Ruido en el Dominio del Tiempo
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

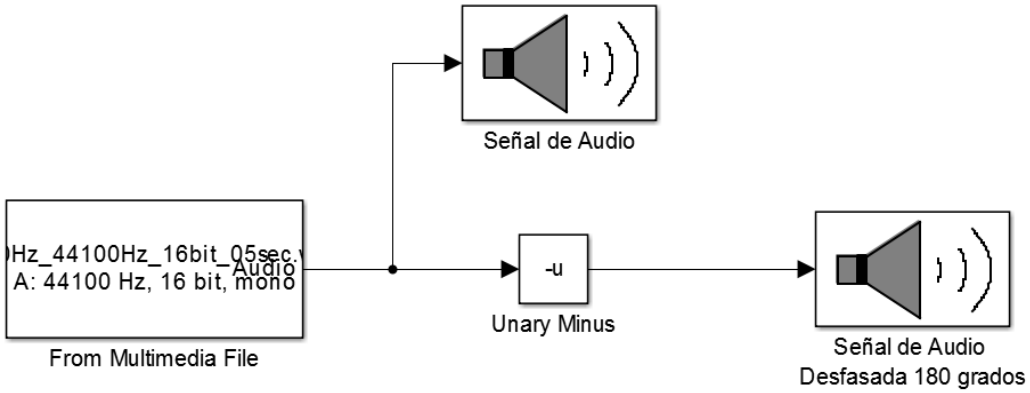


Grafica 8
Señal de Ruido Desfasada 180º en el Dominio del Tiempo
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)



Grafica 9
Señal de Ruido Anulada en el Dominio del Tiempo
Fuente: Elaboración Propia Simulink (MatLab R2015a)

CAPITULO III. IMPLEMENTACION DE SISTEMA EN CAMPO LIBRE



Fuente: Elaboración Propia

Este bloque representa un sistema de anulador de ruido el cual será probado en el campo libre, es decir, en tiempo real utilizando dos parlantes, uno para emitir la señal de ruido y el otro parlante para emitir la señal de ruido desfasada 180º, como sabemos al momento en que estas dos señales se encuentren en el campo libre se producirá una interferencia destructiva que dará como resultado la eliminación o atenuación del ruido. A continuación probaremos esta teoría en tiempo real y anotaremos los datos recolectados.

Para el experimento necesitamos un ordenador con el software de MatLab instalado (cualquier versión), diseñamos nuestro sistema antes descrito utilizando la librería de Simulink, dos parlantes para emitir las señales y una tarjeta de audio para poder sacar las dos señales en los diferentes parlantes.

CAPITULO VI. VALIDACION Y PRUEBAS

4.1 Resultados del experimento

Se realizaron diversas pruebas en distintos momentos del día para de esa manera poder captar cómo afecta el ruido ambiental al sistema. Se llevaron a cabo 8 pruebas realizadas cada 1 hora en los horarios entre 9 A.M a 12 P.M y de 3 P.M a 6 P.M, en el mismo entorno (habitación cerrada).

En las siguientes tablas se muestra los resultados de cada prueba:

HORA	9 A.M	10 A.M	11 A.M	12 P.M
dB RUIDO AMBIENTAL	45 dB	50 dB	52.3 dB	56.8 dB
dB AUDIO REPRODUCIDO MAS RUIDO AMBIENTAL	78.1 dB	81.8 dB	86 dB	88.8 dB
dB AUDIO REPRODUCIDO MAS SEÑAL DESFASADA	65.9 dB	75.4 dB	74.1 dB	79.6 dB
ATENUACION EN dB	12.2 dB	6.4 dB	11.9 dB	9.2 dB

Fuente: Elaboración Propia

HORA	3 A.M	4 A.M	5 A.M	6 P.M
dB RUIDO AMBIENTAL	49 dB	49.8 dB	48 dB	58 dB
dB AUDIO REPRODUCIDO MAS RUIDO AMBIENTAL	78.7 dB	80.5 dB	82 dB	89.2 dB
dB AUDIO REPRODUCIDO MAS SEÑAL DESFASADA	65.9 dB	73 dB	76.4 dB	77.6 dB
ATENUACION EN dB	12.8 dB	7.5 dB	5.6 dB	11.6 dB

Fuente: Elaboración Propia

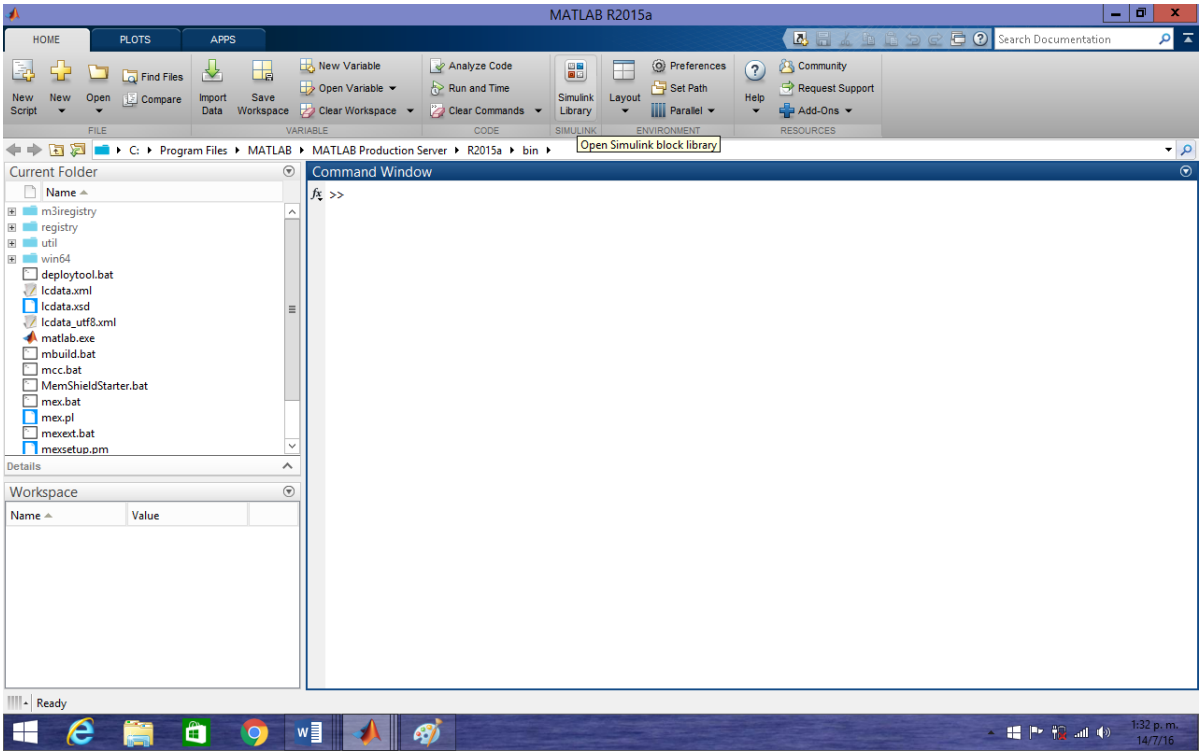
en las tablas se muestra claramente la atenuación del sonido, en los momentos donde el ruido ambiental es menor la atenuación tiende hacer mayor, pero esto depende de factores como la distancia entre el sonido original y la fuente de que emite la señal desfasada, y diversos factores como la humedad de ambientes. Aquí vemos dos imágenes que muestran los resultados que el decibelímetro mostro cuando se realizó la primera prueba donde se aprecia una atenuación de 12.2 decibeles, se realizaron pruebas que llegaron incluso a atenuar 14 decibeles, pero fueron posibles por las variables atmosféricas correctas. Con el adecuado estudio de las variables que interfieren en esta atenuación se podría llegar a atenuar mucho más de estos valores. En el CD se anexan 2 videos que muestran las pruebas del experimento para tener una mejor visión de cómo se realiza el experimento y los resultados que arrojaron los mismos.

CAPITULO V. MANUAL DE IMPLEMENTACION

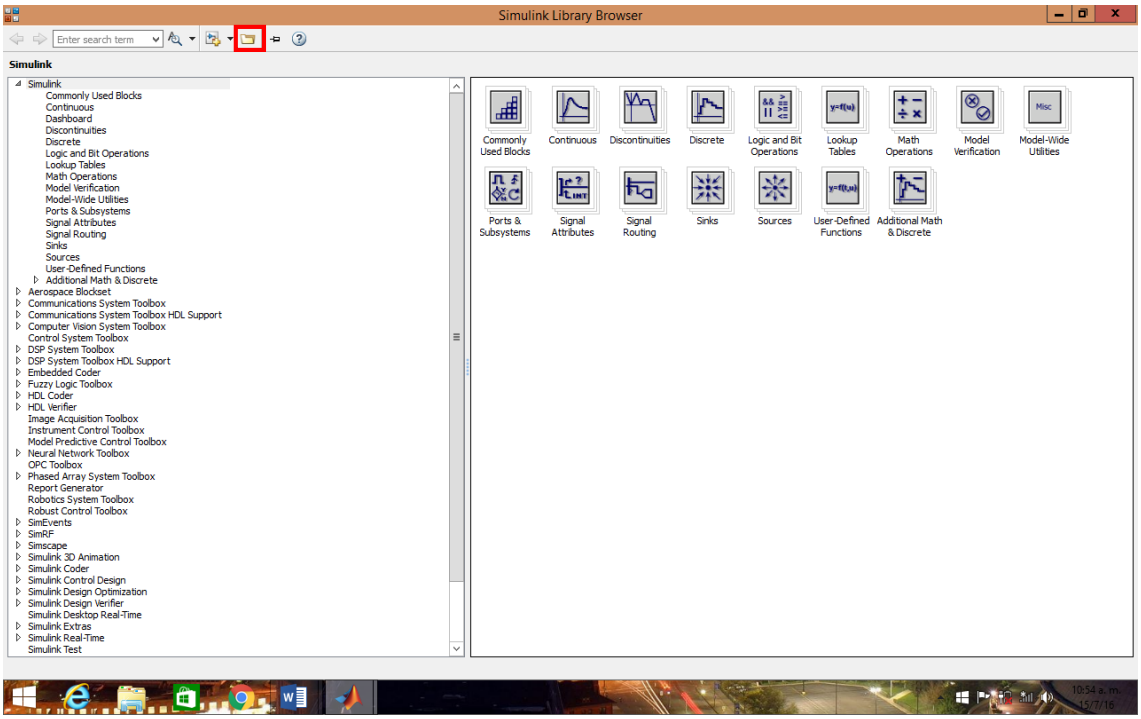
5.1 TUTORIAL DE DISEÑO

Primero diseñamos el sistema en Simulink, los pasos para diseñar el sistema son los siguientes:

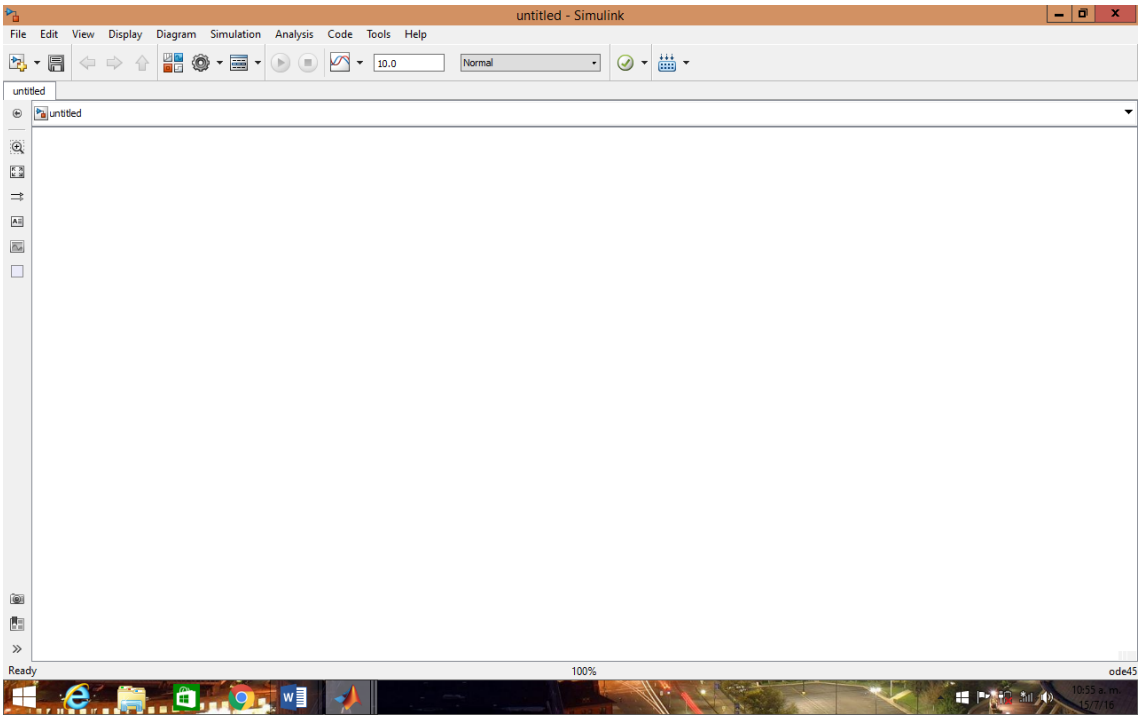
Abrimos MatLab (cualquier version, en esta caso usamos MatLab R2015a), cuando abrimos MatLab aparecera la siguiente ventana, la cual nos da todas las opciones y librerias que contiene dicho Software, alli seleccionamos la librería Simulink:



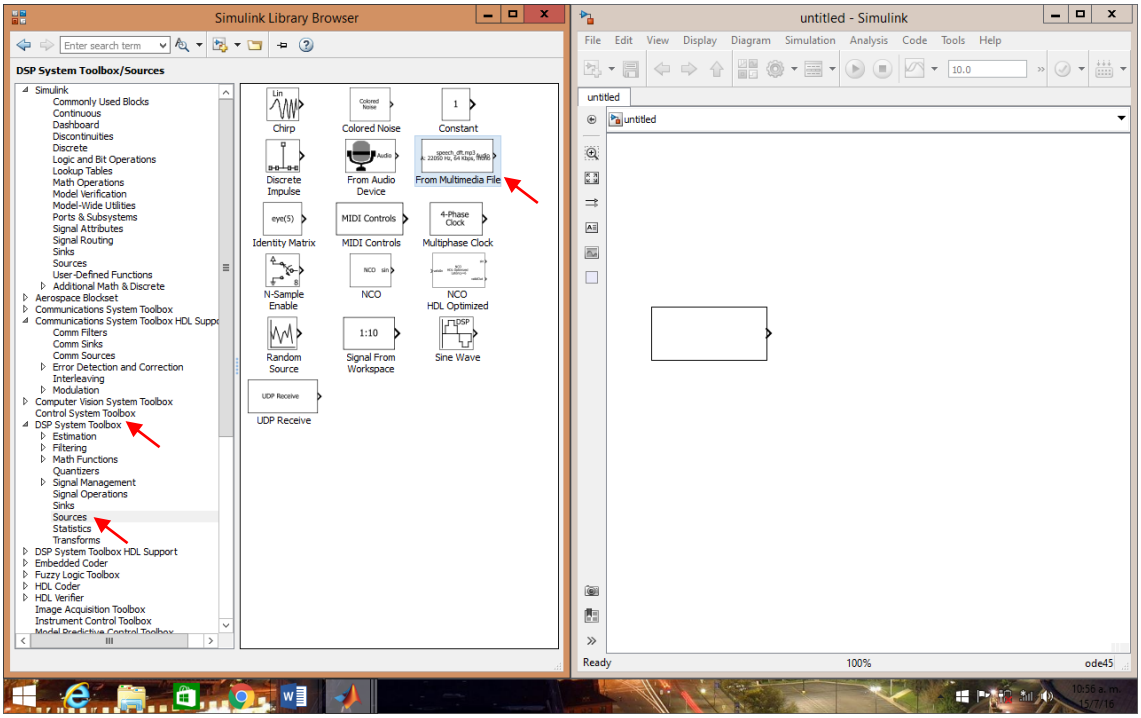
Al hacer click en la librería Simulink nos aparecera otra ventana la cual contiene todos los componentes y opciones de la librería, alli selleccionamos crea nuevo archivo para abrir la ventana de trabajo:



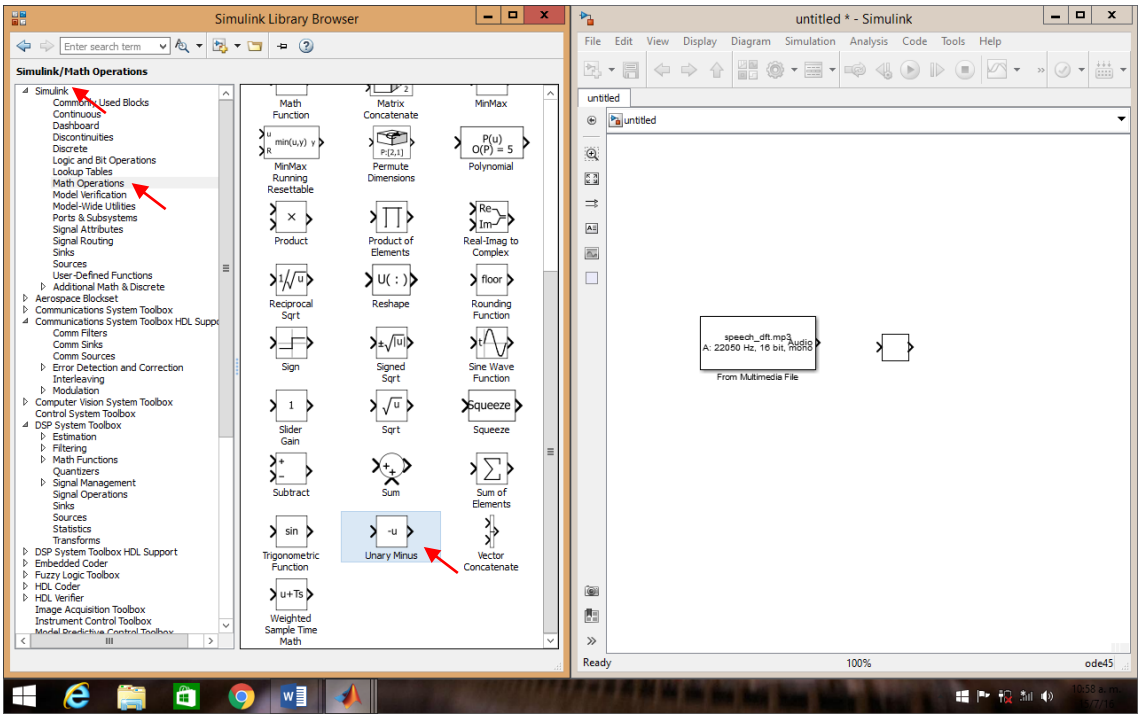
Esta es la ventana de trabajo donde se realizan y se simulan los diseños, Simulink se diseña en modo Drag and Drop es decir que los componentes deben ser jalados o movidos desde la ventana de librería hasta la ventana de trabajo:



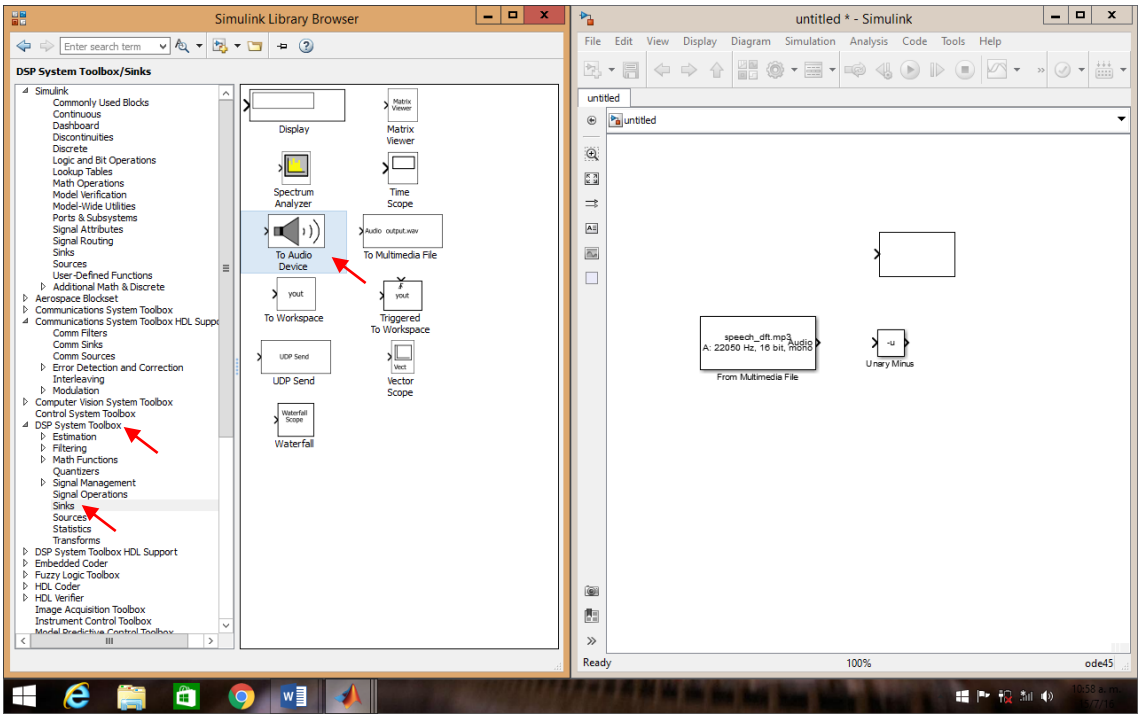
Ahora empezamos a realizar nuestro diseño, podemos dividir las dos ventanas para trabajar más cómodos. Nuestro primer bloque es el bloque de reproducción de archivos multimedia, para buscarlo seleccionamos: DSP System Toolbox >Sources > From Multimedia File, hacemos click en el bloque y dejando el click presionado lo movemos a la ventana de trabajo:



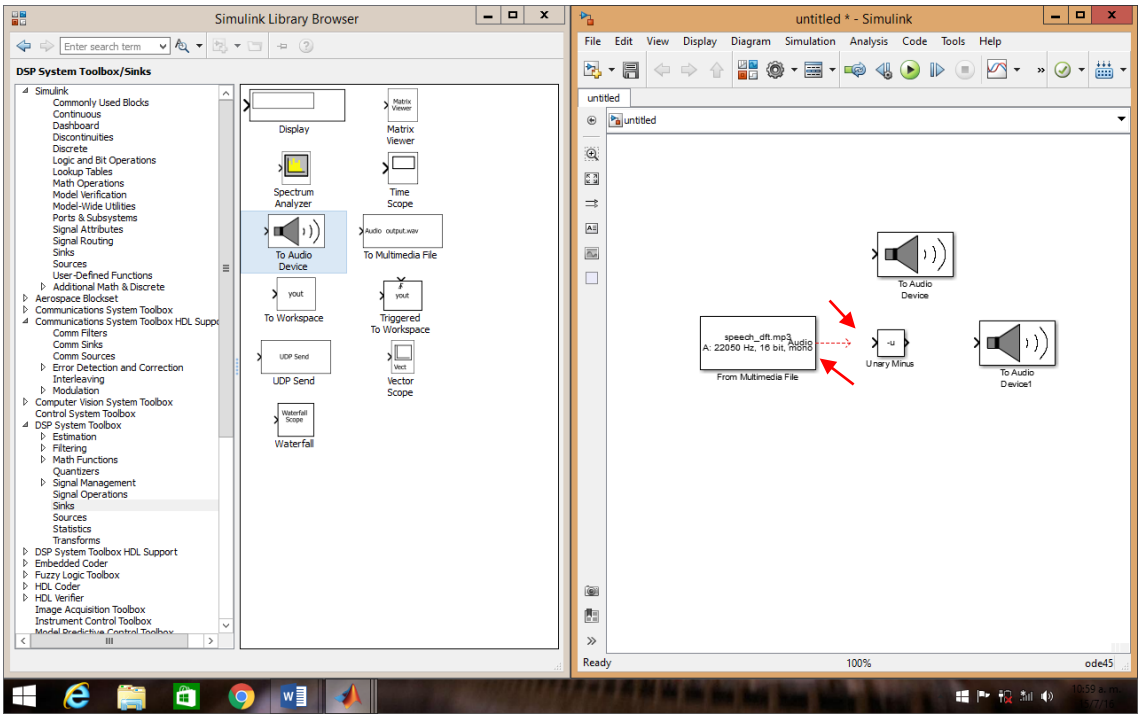
Nuestro segundo bloque es el Unary Minus, seleccionamos Simulink > Math Operations > Unary Minus y hacemos click en el bloque y dejando el click presionado lo movemos a la ventana de trabajo:

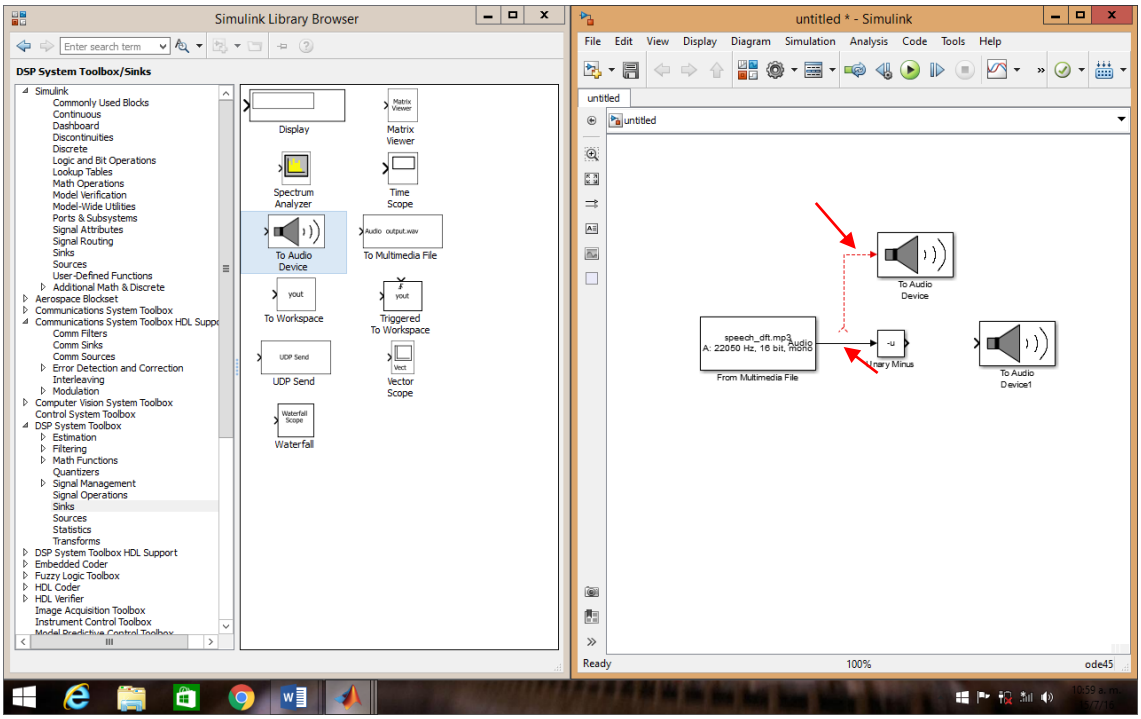


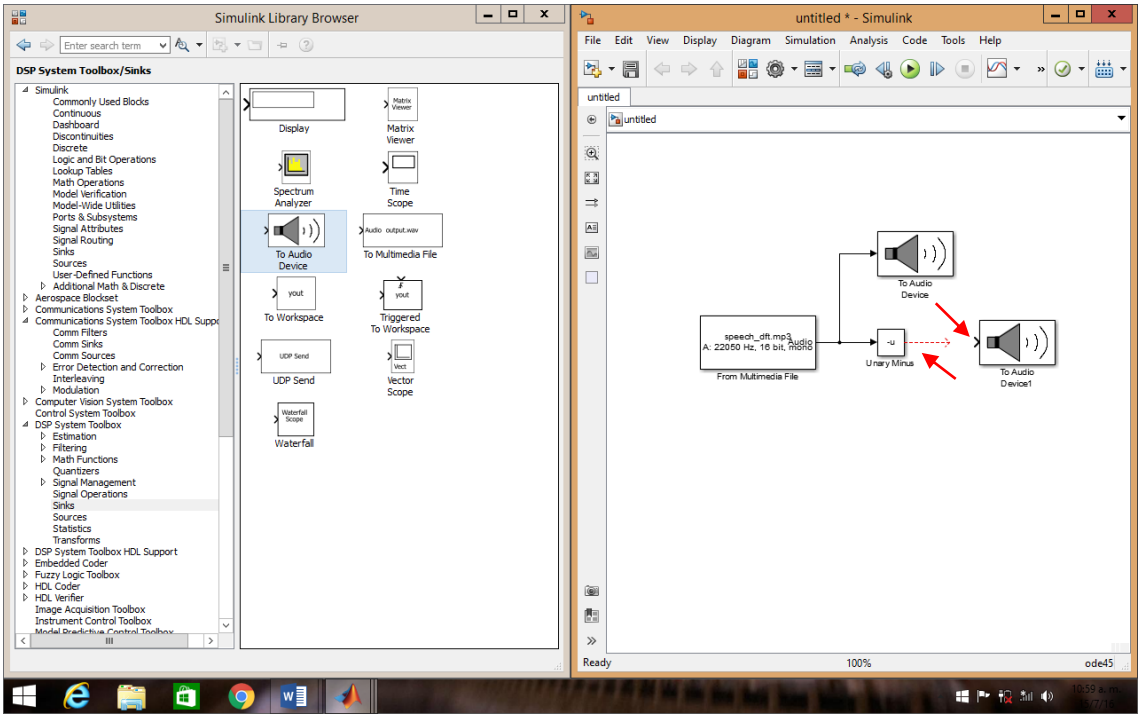
El tercer y cuarto bloque es To Audio Device que son los parlantes de salida de audio. Buscamos en DSP System Toolbox > Sinks > To Audio Device, hacemos click en el bloque y dejando el click presionado lo movemos a la ventana de trabajo, ene ste caso arrastraremos dos bloques de estos a la ventana de trabajo:



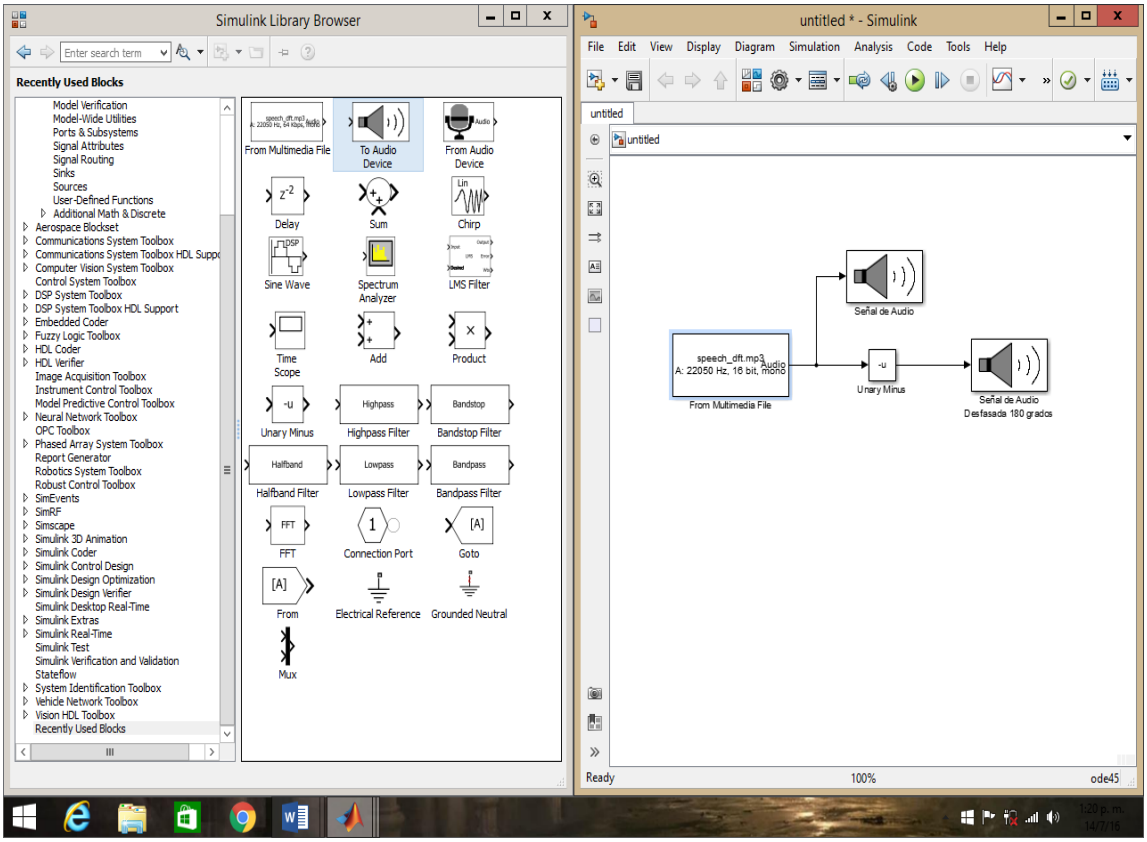
Ya tenemos todos los bloques necesarios de nuestro sistema, ahora debemos conectarlos entre sí, para realizar esto solo ponemos el cursor en la flecha de salida del dispositivo y Hacemos click, dejamos presionado y lo llevamos a la flecha de entrada del dispositivo que queremos conectar:




Simulink Library Browser
DSP System Toolbox/Sinks
Simulink
Commonly Used Blocks
Continuous
Dashboard
Discontinuities
Discrete
Logic and Bit Operations
Lookup Tables
Math Operations
Model Verification
Model-Wide Utilities
Ports & Subsystems
Signal Attributes
Signal Routing
Sinks
Sources
User-Defined Functions
Additional Math & Discrete
Aerospace Blockset
Communications System Toolbox
Communications System Toolbox HDL Supp
Comm Filters
Comm Sinks
Comm Sources
Error Detection and Correction
Interleaving
Modulation
Computer Vision System Toolbox
Control System Toolbox
DSP System Toolbox
Estimation
Filtering
Math Functions
Quantizers
Signal Management
Signal Operations
Sinks
Sources
Statistics
Transforms
DSP System Toolbox HDL Support
Embedded Coder
Fuzzy Logic Toolbox
HDL Coder
HDL Verifier
Image Acquisition Toolbox
Instrument Control Toolbox
Display
Matrix Viewer
Spectrum Analyzer
Time Scope
To Audio Device
To Multimedia File
To Workspace
Triggered To Workspace
UDP Send
Vector Scope
Waterfall
untitled * - Simulink
File Edit View Display Diagram Simulation Analysis Code Tools Help
untitled
To Audio Device
speech_dft.mp3
A: 22050 Hz, 16 bit, mono
From Multimedia File
Unary Minus
To Audio Device1
Ready
100%
ode45

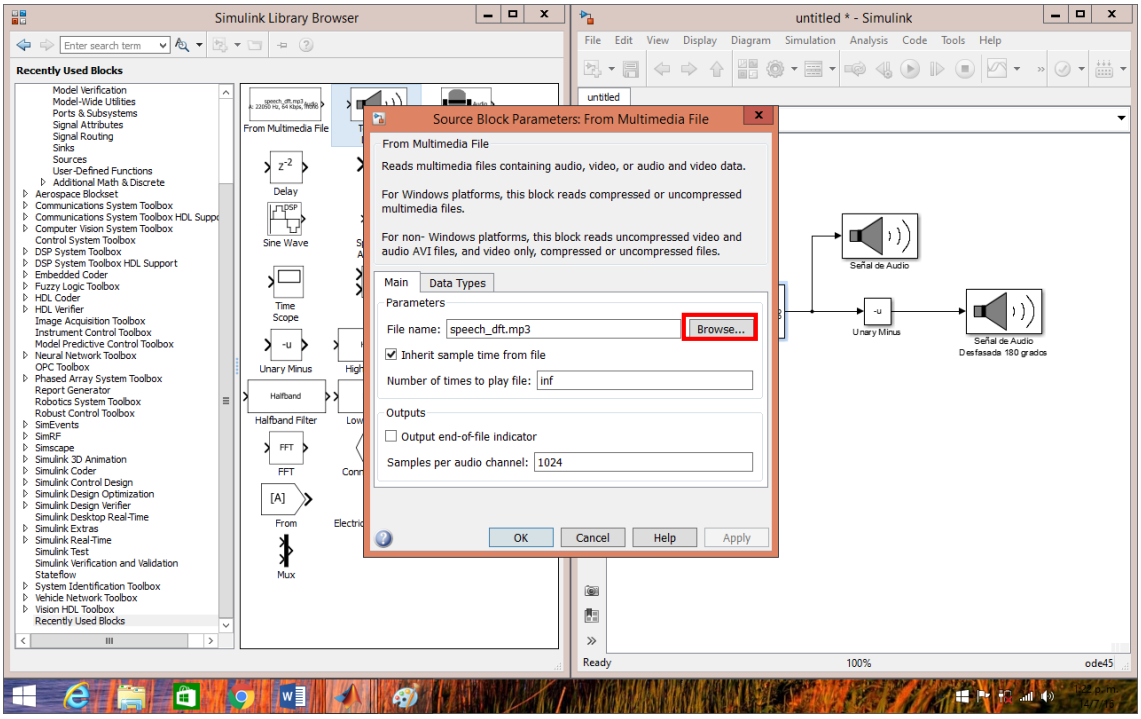

Simulink Library Browser
DSP System Toolbox/Sinks
Simulink
Commonly Used Blocks
Continuous
Dashboard
Discontinuities
Discrete
Logic and Bit Operations
Lookup Tables
Math Operations
Model Verification
Model-Wide Utilities
Ports & Subsystems
Signal Attributes
Signal Routing
Sinks
Sources
User-Defined Functions
Additional Math & Discrete
Aerospace Blockset
Communications System Toolbox
Communications System Toolbox HDL Supp
Comm Filters
Comm Sinks
Comm Sources
Error Detection and Correction
Interleaving
Modulation
Computer Vision System Toolbox
Control System Toolbox
DSP System Toolbox
Estimation
Filtering
Math Functions
Quantizers
Signal Management
Signal Operations
Sinks
Sources
Statistics
Transforms
DSP System Toolbox HDL Support
Embedded Coder
Fuzzy Logic Toolbox
HDL Coder
HDL Verifier
Image Acquisition Toolbox
Instrument Control Toolbox
Display
Matrix Viewer
Spectrum Analyzer
Time Scope
To Audio Device
To Multimedia File
To Workspace
Triggered To Workspace
UDP Send
Vector Scope
Waterfall
untitled * - Simulink
File Edit View Display Diagram Simulation Analysis Code Tools Help
untitled
To Audio Device
speech_dft.mp3
A: 22050 Hz, 16 bit, mono
From Multimedia File
Unary Minus
To Audio Device1
Ready
100%
ode45

Ya tenemos nuestro sistema diseñado en Simulink:

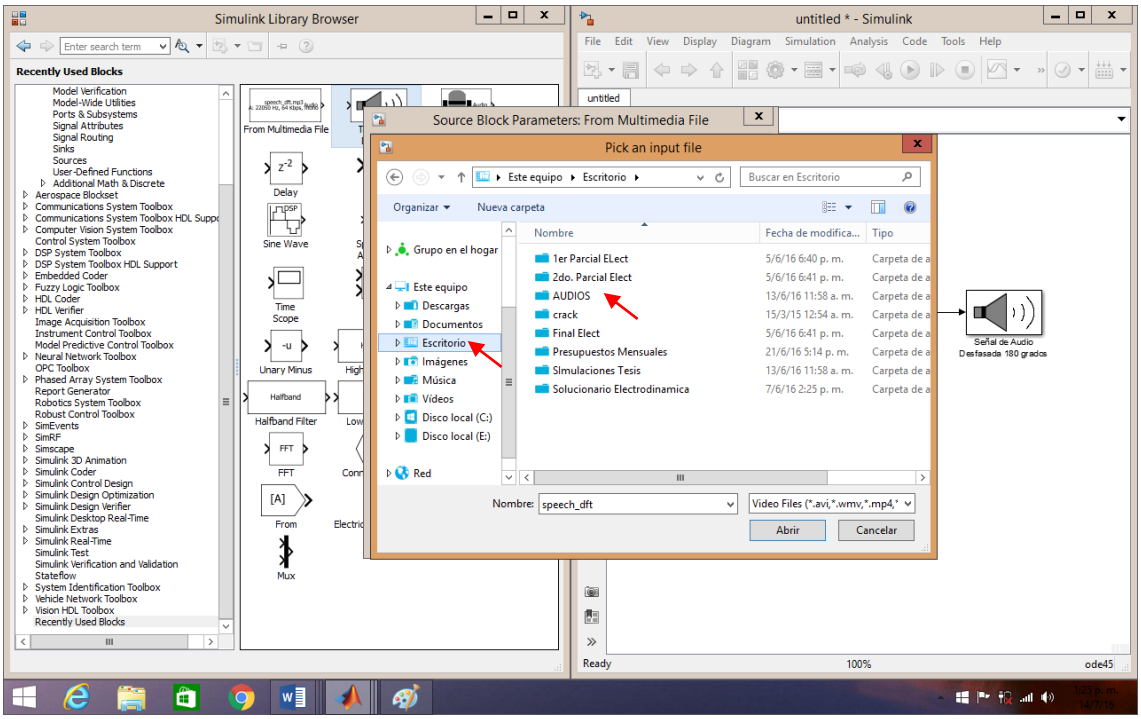


Lo siguiente es realizar las configuraciones de lugar a los bloques que correspondan, en este caso debemos seleccionar nuestro archivo de audio que queremos reproducir para esto debemos seguir los pasos ilustrados.

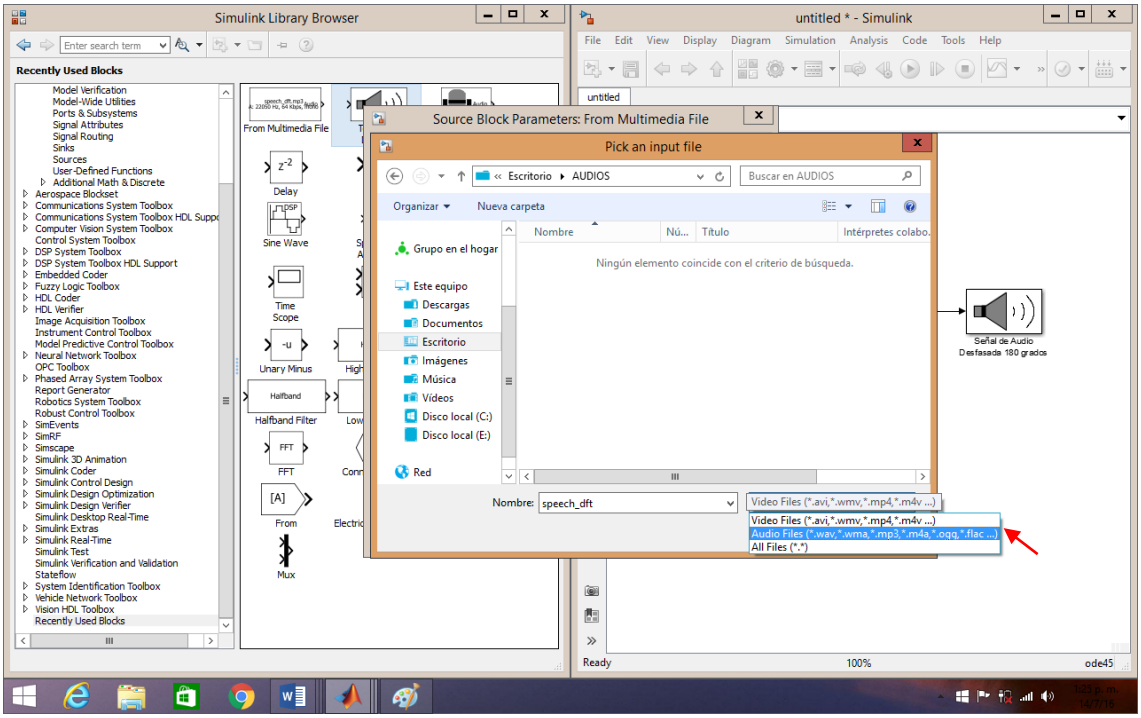
Hacemos doble click al bloque de From Multimedia File, nos aparecera una ventana emergente donde podremos cambiar los parametros de este bloque aquí debemos de seleccionar el archivo multimedia que deseamos reproducir, para esto hacemos click en Browse para buscar el archivo en la PC:



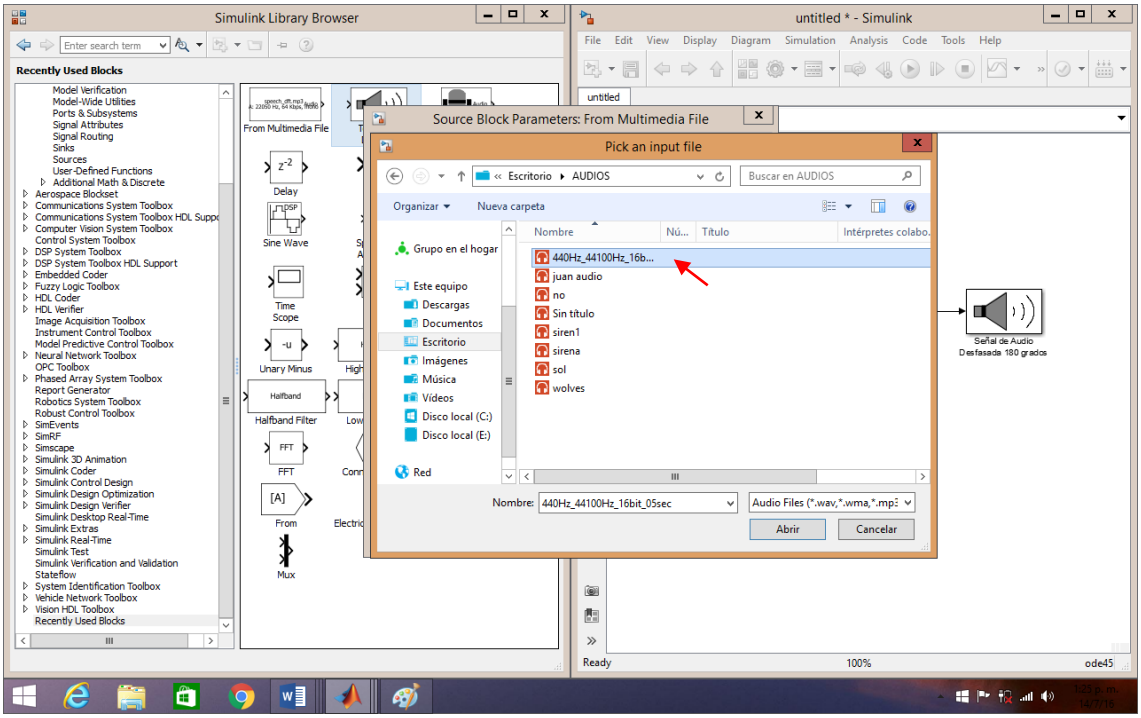
Nos aparece otra ventana para poder seleccionar el archivo, elejimos la direccion que se encuentra el archivo en este caso el archivo esta localizado en el escritorio en la carpeta audios:



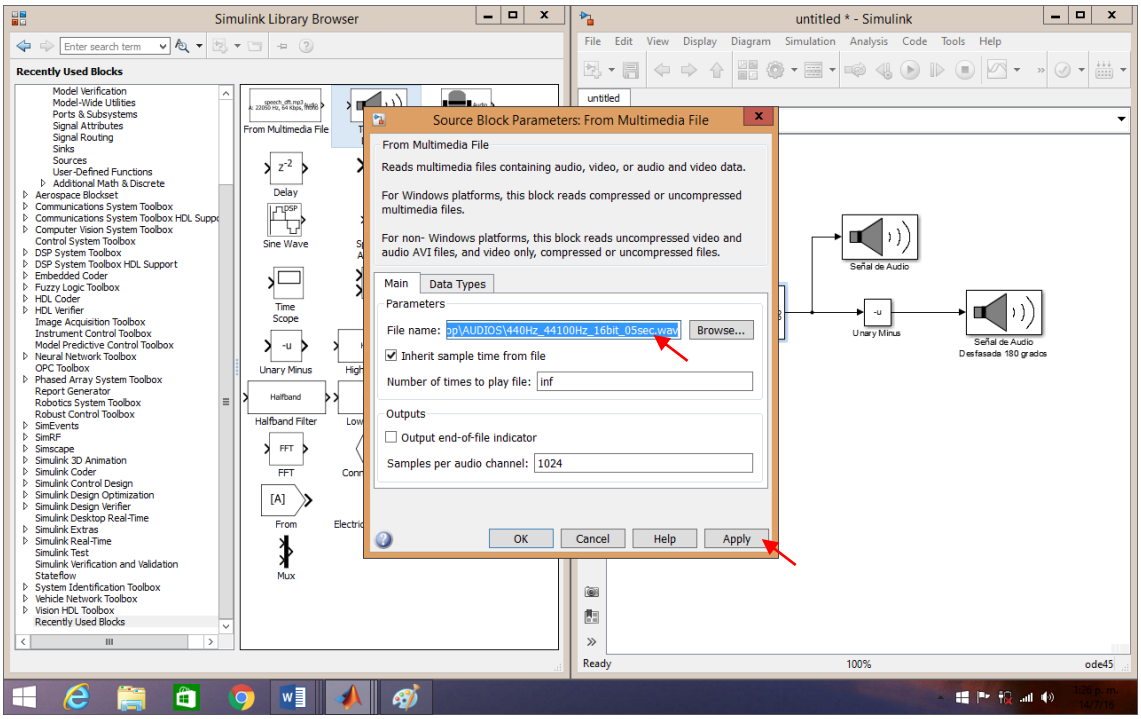
Debemos de tener en cuenta que tipo de archivo es, existen diferentes tipos de archivos o formato, el archivo a seleccionar es un archivo de audio de formato .wav, por tanto debemos seleccionar este tipo de archivos:



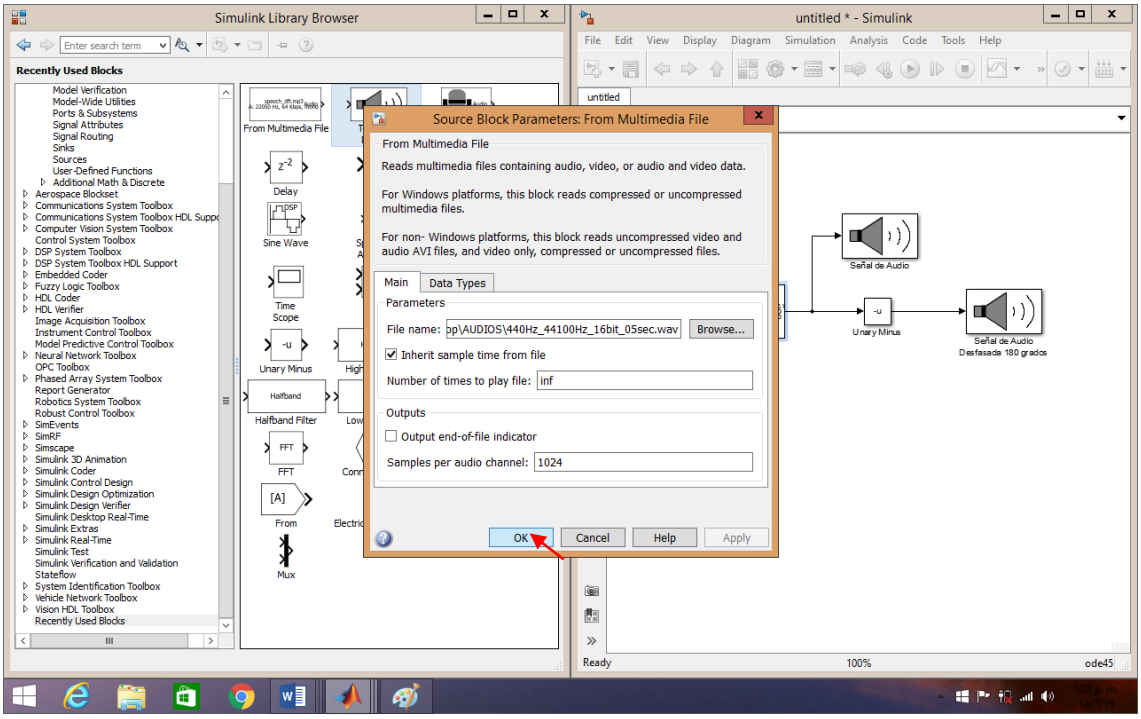
Cuando seleccionamos el formato del archivo automaticamente nos presenta una lista con todos los archivos con este tipo de formato que existen en la carpeta y seleccionamos el que utilizaremos, en este caso utilizaremos un audio de un tono de 440Hz constante:



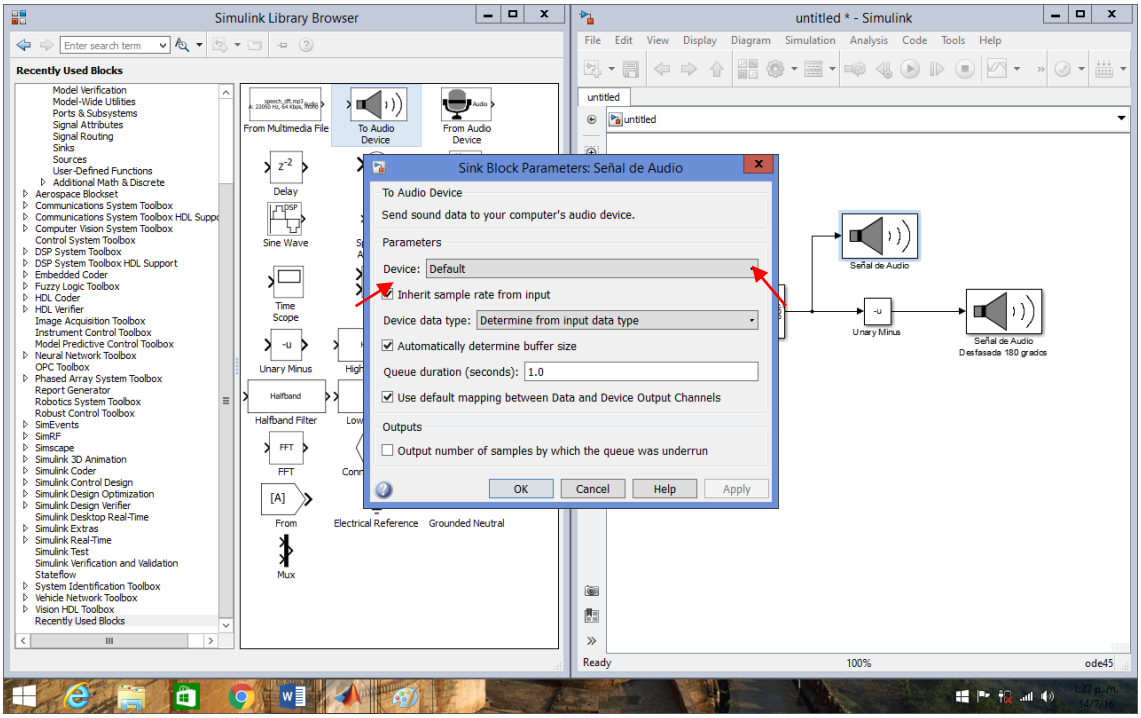
Cuando seleccionamos el audio se cierra la ventana de selección de archivo y volvemos a la ventana de cambiar los parametros del bloque, aquí automaticamente nos aparece el archivo que seleccionamos y le damos a Apply (Aplicar):



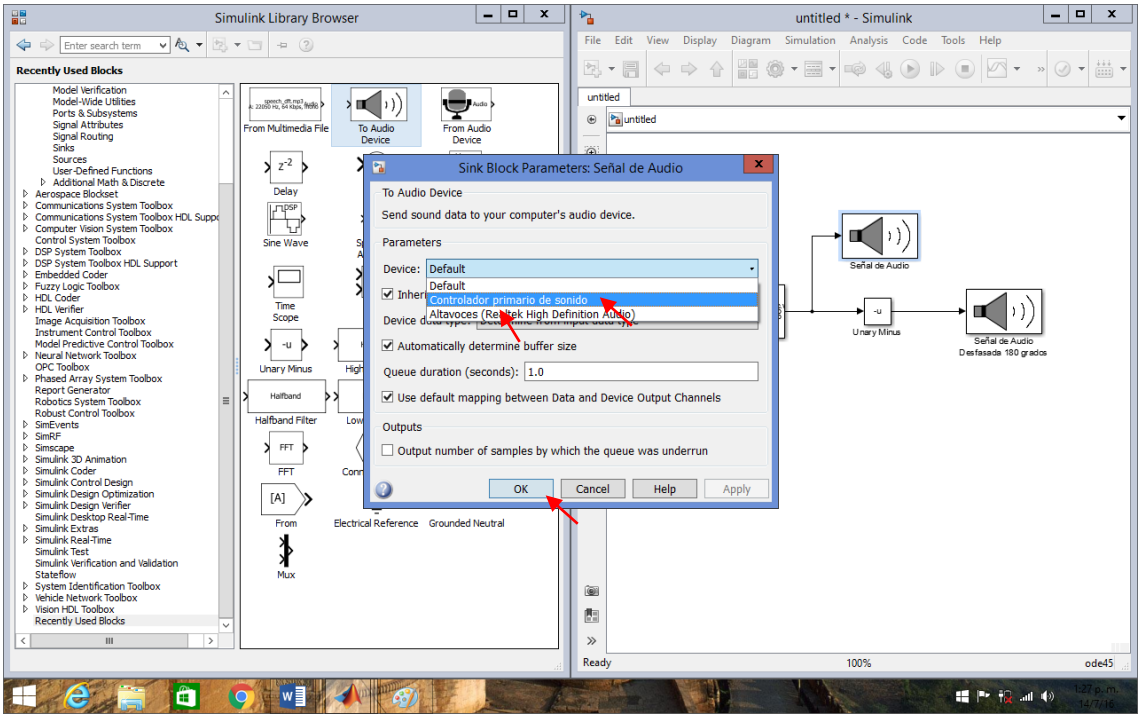
Para terminar la configuracion seleccionamos OK:



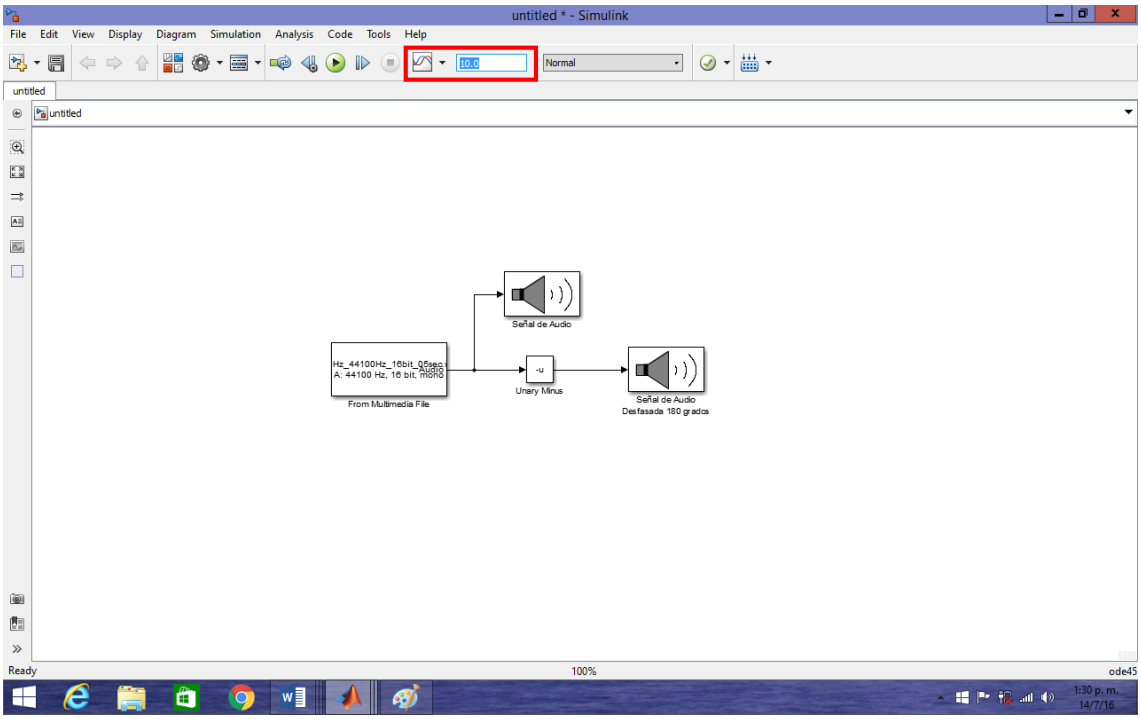
Como ya tenemos configurados los parametros del bloque de From Multimedia Files, ahora configuraremos los bloques de To Audio Device, ya que como el audio saldra desde la PC debemos discriminar que los dos sonidos salgan por salidas diferentes, una salida con el audio original y otra salida con el audio desfasado, para esto debemos de tener una tarjeta de audio adicional ya que la PC no discrimina salida de audio por tal razon utilizamos una tarjta de audio USB y configuramos los bloques To Audio Device para que un sonido salga por las bocinas de la PC y el otro por la tarjeta de audio USB, debemos dar doble click sobre el bloque To Audio Device y nos aparecera una ventana para cambiar los parametros del dispositivo, alli tenemos una opcion llamada Device y hacemos click para desplegar las subopciones:



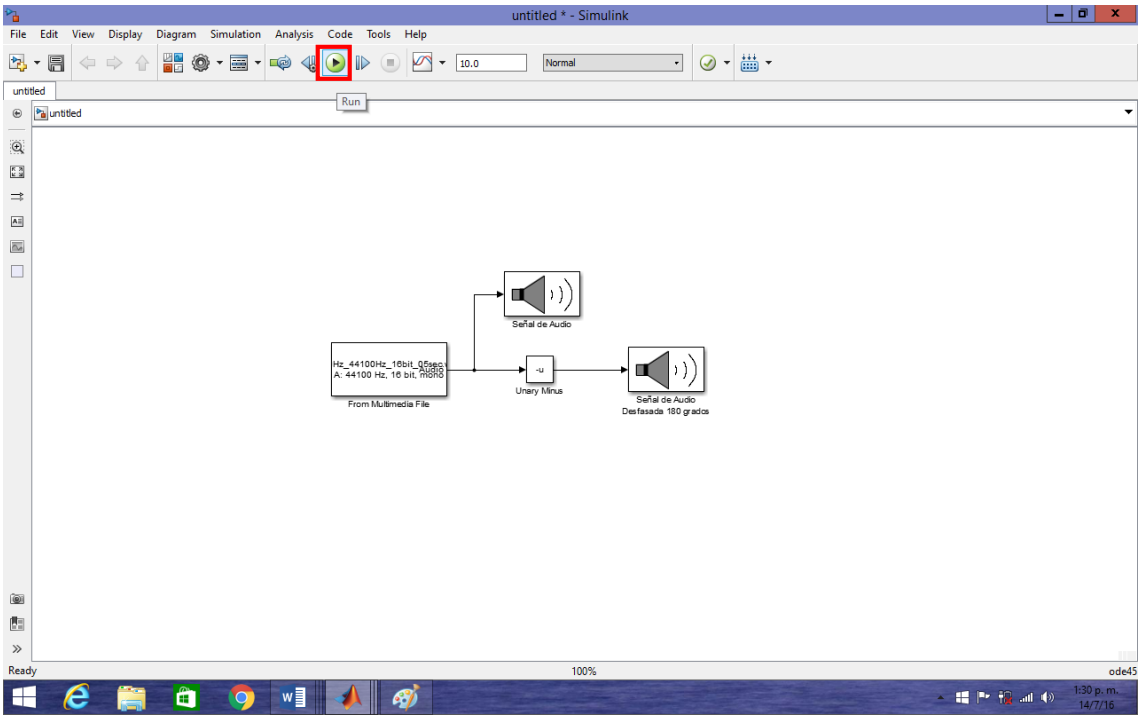
Aquí vemos las subopciones desplegadas y seleccionamos la de altavoces para que un audio salga por las bocinas de la PC y se hace click en OK para terminar la configuracion. Se repite el mismo proceso con el otro dispositivo de To Audio Device y en este seleccionamos controlador primario de sonido para que el audio desfasado salga por la tarjeta de Audio USB:



Tenemos una opcion que nos permite controlar el tiempo o ciclo de simulacion el cual jugaremos con este tiempo, de esta manera podemos poner que nuestro ciclo sea bastante grande o pequeño dependiendo la prueba que queramos realizar:



Para empezar la simulacion seleccionamos la opcion RUN, tenemos varias opciones para controlar la simulacion como el STOP y demas.



Solo colocamos las dos bocinas de frente para que se produzca el choque de ondas en el campo libre y podamos medir la atenuacion con un desibelimetro o con cualquiera de los instrumentos antes descritos.

CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este trabajo de grado era probar la hipótesis de que el ruido en lugares cerrados puede ser anulado o atenuado reproduciendo la onda de ruido en contrafase que al encontrarse con la onda de ruido original se produce una interferencia destructiva.

Los resultados del experimento demostraron la veracidad de esta hipótesis, cumpliendo así con el objetivo general del trabajo de grado. Se cumplieron y desarrollaron todos los objetivos específicos planteados. De este modo se recolectaron los datos, validando todos los objetivos descritos.

Estos datos arrojaron que el ruido puede ser atenuado más de un 20% su intensidad, logrando atenuaciones de hasta de 14 dB. Con la tecnología de control activa de ruido todo esto fue posible, se desarrolló el experimento utilizando esta tecnología y con la ayuda de la librería Simulink del software MatLab R2015a se creó el sistema electrónico mediante software.

En el trabajo de grado se presenta el sistema simulado con señales propias del programa Simulink y sumando las señales en el mismo software, de esta manera estudiamos el comportamiento del sistema en un laboratorio digital. A su vez, se probó el sistema en tiempo real con la plataforma Simulink, implementando el sistema en el campo libre y validando los objetivos de manera real.

Este proyecto fue desarrollado para poder ser implementado por cualquier persona, con un simple ordenador, bocinas y la licencia de MatLab (cualquier versión), además se puede integrar en diferentes plataformas digitales como Arduino y Raspberry Pi, con tan solo emigrar el sistema de Simulink a estas plataformas.

RECOMENDACIONES

El ruido es algo que está en todos lados y como sabemos puede producir daños fisiológicos por tanto estos tipos de proyectos son ideales para poder controlar este mal común. Es importante que este tipo de contaminación la mantengamos controladas.

Según las conclusiones obtenidas en este trabajo se determinó que implementando un sistema de anulación de ruido activo se puede atenuar el ruido más de un 20% de su intensidad, siendo esto igual a más de 14 dB. Emigrando este sistema a plataformas como Raspberry Pi o Arduino se puede desarrollar un sistema complejo para poder utilizarse en los lugares que más nos afecta el ruido ya sea en el salón de clases, en el salón de conferencias y demás. A su vez poder discriminar espectros de ruidos externos que deseamos aislar e incluso poder tener Presets de sonidos dentro del mismo sistema.

A partir de los alcances obtenidos se puede llevar a cabo investigaciones sobre como anular totalmente el ruido y que tanto una persona puede dejar de percibir un ruido dependiendo su edad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basso, G. (2006). *Percepción Auditiva 1ed.* . Buenos Aires: Bernal.

BATISTA, J. (22 de enero de 2015). *http://almomento.net/. Obtenido de http://almomento.net/control-de-ruidos-en-los-ayuntamientos/66797*

Diario Libre. (22 de Enero de 2014). *www.diariolibre.com. Obtenido de http://www.diariolibre.com/noticias/el-ruido-principal-motivo-de-quejas-ambientales-AJDL456611*

Diario Libre. (14 de Diciembre de 2015). *www.diariolibre.com. Obtenido de http://www.diariolibre.com/economia/parque-vehicular-de-republica-dominicana-sigue-creciendo-FC2163025*

Haykin, S. (2001). *Communication Systems 4th ed.* United State: John Wiley & Sons, Inc.

Palacián, J. M. (2010). *Acústica y audiometría.* San Vicente: ECU.

Parra, P. C. (1997). *Control Activo de Ruido.* Madrid: CSIC.

Pereita, P. F. (1990). *Manual de Acustica, Ruido y Vibraciones: Fundamentos Basicos y Sistemas de Control 3a. ed.* Barcelona: Ediciones GYC.

Perez, J. M., & Bolaños, F. (1990). *Medida y control de ruido.* España: Marcombo.

Robledo, F. H. (2007). *Riesgos Fisicos I: rudio, vibraciones y presiones normales 2a. ed.* Bogotá: Ecoe Ediciones.

.sybausa. (s.f.). *http://www.sybausa.com/index.php?route=product/product&product_id=691*.

Extech. (s.f.). *http://www.extech.com.es/instruments/product.asp?catid=18&prodid=240*.

ANEXOS O APÉNDICES

EXTECH INSTRUMENTS

Manual del usuario

Medidor digital de nivel de sonido

Modelo 407750

Introducción

Felicitaciones por su compra del medidor 407750 de Extech. Este dispositivo mide el nivel de sonido en dB y la escala de medición puede fijarse de manera automática o manual. El 407750 ofrece a elección la ponderación de frecuencia ('A' y 'C') y el tiempo de respuesta (Rápido y Lento). La conexión RS-232 para PC permite al usuario registrar lecturas en una PC en tiempo real. El uso cuidadoso de este medidor le proveerá muchos años de servicio confiable.

Especificaciones

Pantalla	LCD retroiluminada de 2000 cuentas, gráfica de barras análoga
Tasa de actualización de pantalla	Dígitos primarios LCD: 0.5 segundos; Gráfica de barras: 50 mS
Gráfica de barras análoga	En incrementos de 1dB con amplitud de 50dB
Micrófono	Condensador Electret (0.5" diámetro)
Amplitud de banda de medición	31.5 Hz a 8 kHz
Escala de medición	Ponderación A: 30 a 130 dB; Ponderación C: 35 a 130 dB 6 escalas en incrementos de 10 dB: 30 a 80dB, 40 a 90dB, 50 a 100dB, 60 a 110dB, 70 a 120dB, 80 a 130dB
Precisión / Resolución	± 1.5dB / 0.1dB
Selección del tiempo de respuesta	Rápido (125 ms) y Lento (1 segundo)
Salidas análogas CA y CD	0.707 VCA rms en toda la escala; 10m VDC / dB; Enchufes de salida de 3.5 mm
Normas	Cumple con ANSI y IEC Tipo 2
Calibrador externo	Modelos Extech 407766 o 407744
Tensión	Batería de 9V; Vida de la batería 20 horas (típica) con indicación de batería débil
Dimensiones / peso	80 x 256 x 38 mm (3.2 x 10.1 x 1.5") / 240 g (8.5 oz.)

Descripción del medidor

1. Pantalla LCD
2. Micrófono
3. Tecla ON/OFF
4. Tecla REC (Registrar)
5. Tecla MAXHLD (Retención de máximos)
6. Tecla selección ponderación C/A
7. Tecla BA (Absorción de fondo)
8. Tecla F/S selección de respuesta Rápida / Lenta
9. ABAJO
10. Tecla retroiluminación (LCD)
11. ARRIBA
12. Enchufe adaptador CA
13. Tornillo ajuste de calibración
14. Enchufe salida análoga CA
15. Enchufe de salida análoga CD
16. Enchufe de salida RS-232

Compartimiento de la batería (no ilustrado)

Montaje roscado para trípode (no ilustrado)

Operación

Inicio rápido

1. Encienda el medidor presionando la tecla ON/OFF.
2. La LCD realizará una cuenta regresiva a cero (99.9, 88.8, 77.7, etc.) y comenzará a medir niveles de sonido. Revise la batería de 9V si la pantalla LCD no se enciende después de presionar la tecla ON.
3. Apunte el micrófono hacia la fuente de sonido que desea medir y vea la lectura en la pantalla LCD del medidor.

Ponderación de frecuencia 'A' y 'C'

Seleccione ponderación 'A' o 'C' mediante la tecla C/A. La LCD indicará el modo seleccionado de ponderación de frecuencia. Use ponderación 'A' para que el medidor responda como el oído humano respecto a la respuesta de frecuencia (el oído humano aumenta o disminuye la amplitud en el espectro de frecuencia). Ponderación 'A' se emplea para medidas ambientales, pruebas reglamentarias de la OSHA (*Administración de Salud y Seguridad Laboral*), cumplimiento de la ley y diseño de los lugares de trabajo. Seleccione ponderación 'C' para medidas de respuesta plana (menos aumento o disminución de amplitud en el espectro de frecuencia). La ponderación 'C' es empleada en aplicaciones donde conservar el oído no es factor; por ejemplo, en el diagnóstico de fallas en dispositivos eléctricos y mecánicos.

Tiempo de respuesta RÁPIDO/LENTO

Presione la tecla F/S para seleccionar medidas de respuesta RÁPIDA (respuesta en 125 ms) o LENTA (respuesta en 1 segundo). La LCD indicará el modo seleccionado. La selección del modo 'Rápido' o 'Lento' es mandada por el tipo de aplicación y la normatividad relacionada con tal aplicación. Por ejemplo, la mayoría de las pruebas para la conservación del oído o de la OSHA, son realizadas usando modo LENTO y ponderación A.

Retensión de Máximos

El medidor puede tomar lecturas continuas y sólo actualizar la LCD al detectar una lectura mayor (a la indicada). La pantalla gráfica de barras continua cargándose mientras que la LCD espera una lectura mayor. Presione la tecla MAXHLD para activar el modo de retención de máximos. La LCD indicará la función MAX HOLD. Presione de nuevo la tecla MAXHLD para regresar a operación normal.

Función registro (REC)

Para registrar las medidas máxima y mínima de nivel de sonido durante un periodo programable de tiempo, presione la tecla REC. En la LCD aparecerá el indicador REC. Una vez que presione la tecla REC, el medidor inicia el registro de lecturas más altas (MÁX) y más bajas (MÍN). Presione REC de nuevo y aparecerá el indicador MIN junto con la lectura más baja de nivel de sonido desde que presionó la tecla REC. Presione REC de nuevo y aparecerá el indicador MÁX junto con la lectura más alta encontradas desde que presionó la tecla REC inicialmente. Para salir del modo REGISTRO, presione y sostenga la tecla REC hasta que el indicador desaparezca.

Modo BA (Absorción de ruido de fondo)

La absorción de ruido de fondo permite al usuario medir con precisión el ruido de equipos "eliminando" el ruido de fondo. Inicialmente, el medidor de nivel de sonido almacena el ruido de fondo como nivel de referencia. Enseguida, al medir un sonido, el indicador mostrará la medida de nivel de sonido menos el ruido de fondo. Para operar el medidor en modo BA, siga estos pasos:

1. Encienda el medidor.
2. Presione la tecla MAXHLD (en la LCD aparecerá el icono MAX HOLD).
3. Presione la tecla BA ('F" aparecerá a la izquierda del icono SPL).
4. Presione de nuevo la tecla MAX HOLD (aparecerá el icono MAX HOLD en la LCD).
5. El medidor muestra ahora la referencia del ruido de fondo.

6. Encienda el dispositivo a prueba y note la nueva lectura de nivel de sonido en el medidor.
7. Si la lectura cambia, la nueva lectura es el nivel de sonido del dispositivo. Si la lectura no cambia, el ruido producido por el dispositivo es igual o menor al ruido de fondo.
8. Presione de nuevo la tecla BA para regresar a modo de operación normal.

Escala manual y automática

El medidor enciende en modo de escala automática. En modo automático el medidor encuentra la escala correcta con el fin de obtener la mejor precisión. Sin embargo, si desea fijar manualmente la escala, siga estos pasos:

1. Encienda el medidor
2. Note el número de dos (2) dígitos inmediatamente a la izquierda de la gráfica de barras análoga. Este número es el *extremo bajo* de la escala actual (vea las especificaciones de escala).
3. Para cambiar la escala, presione la tecla UP para subir la escala o la tecla DOWN para bajar la escala. El número de dos dígitos a la izquierda de la gráfica de barras cambiará cada vez que presione la tecla.
4. Una ventaja del modo manual es que la toma de medidas requiere menos tiempo. En modo Auto Escala el medidor debe primero localizar la escala correcta antes de mostrar una medida.

Retroiluminación de la LCD

Presione la tecla BACKLIT para iluminar la LCD. La retroiluminación permanecerá encendida durante 5 segundos y se apagará automáticamente para conservar la carga de la batería.

Apagado automático

Para conservar la vida de la batería, este medidor tiene función de apagado automático. Si la unidad no se usa durante aproximadamente 20 minutos, el medidor se apaga. Para sobrepasar esta función, siga estos pasos:

1. Desde la condición de apagado, presione simultáneamente y sostenga las teclas ON/OFF y MAX HOLD.
2. cuando aparezca 'n' en la pantalla, suelte la tecla MAX HOLD y enseguida la tecla ON/OFF.
3. La función de apagado automático queda desactivada. Note que la función de apagado automático es reactivada al apagar el medidor.

Salidas análogas

El medidor incluye salidas análogas CA y DC. Estas salidas son proporcionales al nivel de sonido indicado y son ideales para usar con registradoras de gráficos y de datos. La salida CA es de 0.707v rms escala total y la salida CD es de 10mV por dB. Los enchufes miniatura de 3.5mm para salida se encuentran abajo del instrumento.

Salida RS-232

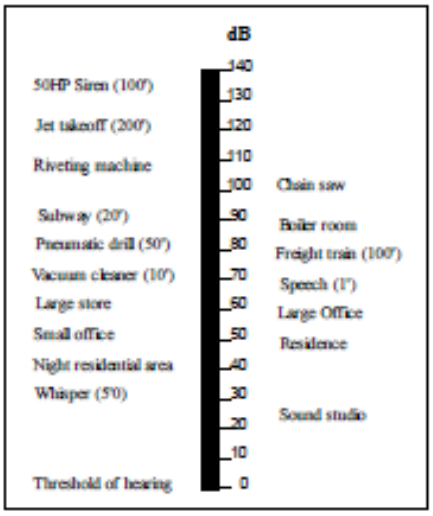
El medidor incluye un enchufe para conexión RS-232 para PC. Esta conexión para PC permite guardar y mostrar lecturas en una PC al ser registradas. El cable de conexión y software para la captura de datos se venden por separado. El software contiene instrucciones detalladas.

Información de referencia

Características de ponderación de frecuencia

Frecuencia (Hz)	Ponderación A	Ponderación C	Tolerancia (IEC 651 Tipo 2)
31.5	-39.4dB	-3dB	±3dB
63	-26.2dB	-0.8dB	±2dB
125	-16.1dB	-0.2dB	±1.5dB
250	-8.6dB	0dB	±1.5dB
500	-3.2dB	0dB	±1.5dB
1 k	0dB	0dB	±1.5dB
2 k	+1.2dB	-0.2dB	±2dB
4 k	+1dB	-0.8dB	±3dB
8 k	-1.1dB	-3dB	±5dB

Niveles típicos de sonido con ponderación A



Reemplazo de la batería

Cuando aparezca el mensaje "Batería débil" en la LCD, indica que el voltaje de la batería de 9V ha caído a un nivel críticamente bajo y deberá ser reemplazada tan pronto como sea posible. La tapa del compartimiento de la batería se encuentra en la cara posterior del medidor. Quite el tornillo de la cara posterior y retire la tapa del compartimiento de la batería, cambie la batería y reemplace la tapa.

Garantía

FLIR Systems, Inc., garantiza este dispositivo marca Extech Instruments para estar libre de defectos en partes o mano de obra durante un año a partir de la fecha de embarque (se aplica una garantía limitada de seis meses para cables y sensores). Si fuera necesario regresar el instrumento para servicio durante o después del periodo de garantía, llame al Departamento de Servicio a Clientes para obtener autorización. Visite www.extech.com para información de contacto. Se debe expedir un número de Autorización de Devolución (AD) antes de regresar cualquier producto. El remitente es responsable de los gastos de embarque, flete, seguro y empaque apropiado para prevenir daños en tránsito. Esta garantía no se aplica a defectos resultantes de las acciones del usuario como el mal uso, alambrado equivocado, operación fuera de las especificaciones, mantenimiento o reparación inadecuada o modificación no autorizada. FLIR Systems, Inc., rechaza específicamente cualesquier garantías implícitas o factibilidad de comercialización o idoneidad para cualquier propósito determinado y no será responsable por cualesquier daños directos, indirectos, incidentales o consecuentes. La responsabilidad total de FLIR está limitada a la reparación o reemplazo del producto. La garantía precedente es inclusiva y no hay otra garantía ya sea escrita u oral, expresa o implícita.

Servicios de calibración, reparación y atención a clientes

FLIR Systems, Inc., ofrece servicios de reparación y calibración para los productos que vendemos de Extech Instruments. Además ofrecemos certificación NIST para la mayoría de los productos. Llame al Departamento de Servicio al Cliente para solicitar información de calibración para este producto. Para verificar el funcionamiento y precisión se debe realizar la calibración anual. Además se provee Soporte Técnico y servicios generales al cliente, consulte la información de contacto en seguida.

Líneas de soporte: EE.UU. (877) 439-8324; Internacional: +1 (603) 324-7800

Soporte Técnico Opción 3; correo electrónico: support@extech.com

Reparación / Devoluciones: Opción 4; correo electrónico: repair@extech.com

Las especificaciones del producto están sujetas a cambios sin aviso

Por favor visite nuestra página en Internet para la información más actualizada

www.extech.com

FLIR Commercial Systems, Inc., 9 Townsend West, Nashua, NH 03063 USA

Certificado ISO 9001

Copyright © 2013 FLIR Systems, Inc.
Reservados todos los derechos, incluyendo el derecho de reproducción total o parcial en cualquier medio
www.extech.com

USB Stereo Audio Adapter

Model: SD-CM-UAUD

User Manual
Ver. 2.00

Chipset: CMedia CM119

Product Introduction

The USB Stereo Sound Adapter is a highly flexible audio interface which can be used with either a desktop or laptop systems. There are no drivers required for this plug & play device. Compatible with all major OS.

Features

- Compliant with USB 2.0 Full-Speed (12Mbps) Specification
- Compliant with USB Audio Device Class Specification 1.0
- Compliant with USB HID Class Specification 1.1
- USB bus-powered mode, no external power required
- Connections: USB Type-A, Stereo output jack, Mono microphone-input jack
- LED indicator activity
- Driverless install; No drivers required for Windows, Linux, or Mac OS.

Package Contents

- 1 x USB Stereo Audio Adapter

System Requirements

- Desktop or laptop with an available USB 2.0 port
- Supports Windows, Linux, and Mac OS
- Active stereo speaker or stereo earphone
- Mono microphone (Optional)

Hardware Installation

1. Connect your speaker/earphones and/or microphone to the adapter.
2. Connect the adapter to an available USB port on your system.
3. Your system should detect the new device and install the drivers.

Note: This device is recognized as a Generic Speaker/Microphone in Device Manager

4. Go into your Playback Setting and find the adapter.
5. Right-click, set the adapter as the default device.
6. Click Apply then Ok.

Mac OS X Installation

1. This product is recognized as a 'Generic Speaker/Microphone'
2. Navigate to the System Preferences > Sound settings.
3. Go to 'Output' tab.
4. Select this device as the Output device.
5. This product should be your main sound device now.

FAQ

Question: I plugged my speakers into the adapter and the adapter into the system but there is no sound output?

Answer: Make sure you set the adapter as the Default Device in the Playback Settings.

Question: I installed the adapter but it is not recognized in my system?

Answer: Try reseating the adapter into another USB port on your system. Ensure that your USB port drivers are up-to-date and, that any system updates have been applied.

Question: Can you supply the latest drivers for the device as this adapter does not work in my system?

Answer: No, there are no drivers for this device. Check that you are connected to the internet and have the system look for the generic device drivers for this adapter. *Alternatively*, go into the Device Manager and locate the device (Generic USB Audio Device). Right-click, update driver software to download the latest drivers.

Version Information

Version: 2.0 Date Updated: 3/19/2014

Changes/Fixes:

- Compiled manual information into .pdf format.
- Cleaned up wording and text throughout the previous 1.0 manual.
- Added documentation for manual driver install
- Added FAQ of general information
- Added chipset information to document

Universidad Acción Pro-Educación y Cultura

DECANATO DE INGENIERIA

"ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE"

INGENIERO ELECTRONICO

"IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO
PARA LA ELIMINACION DE CONTAMINACION SONICA."

Sustentante:

WILLIAM ALEXANDER MEJIA REYES 2011-0939

Santo Domingo, D.N.
Marzo 2016

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO
PARA LA ELIMINACION DE CONTAMINACION SONICA.”

Índice de contenido

INTRODUCCIÓN 98

JUSTIFICACIÓN 100

DELIMITACIÓN DEL TEMA 102

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12

OBJETIVO GENERAL 16

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 107

MARCO TEÓRICO 108

MARCO CONCEPTUAL 113

HIPÓTESIS 115

DISEÑO METODOLÓGICO 116

ESQUEMA PRELIMINAR DE CONTENIDO DEL TRABAJO DE GRADO 117

FUENTES DE DOCUMENTACIÓN 120

Introducción

El ruido ambiental, el tránsito terrestre, el desorden urbano, las actividades industriales, el exceso de sonidos anormales son de los pocos problemas que generan una mala interacción del hombre con su medio y la sociedad. Esto perjudica la calidad de vida para las personas quienes se resisten a estos problemas medioambientales día tras día, llegando incluso a incidir directamente sobre la salud.

El hombre forma parte de un trinomio HOMBRE-MEDIO-SOCIEDAD, este trinomio define la interacción del hombre tanto en la vida en sociedad como en interacción con el medio ambiente. Como sabemos el hombre es un ser que vive en comunidad con normas sociales, éticas y religiosas, al vivir en comunidad el hombre debe estar en convivencia con los demás y relacionarse con otras personas de costumbres diferentes, respetando su ambiente.

La CONTAMINACION SONICA es un claro ejemplo de cuando se rompe este bucle social. El caos sónico es un problema que nos afecta a cada uno de nosotros, algunos en mayor proporción que otros, muchos de estos se producen debido a irrespeto de personas, comunidades, instituciones, lo cual en ocasiones no podemos controlar.

República dominicana es un país con alto nivel de contaminación sónica, la mayoría de reclamaciones en su mayoría son relacionadas con la contaminación sónica. Santo Domingo la capital de la República Dominicana es la parte territorial con mayor índice de

contaminación sónica del país, afectando a las personas que viven allí. De 4,659 denuncias sobre delitos ambientales el 75% correspondieron a delitos de contaminación sónica. (Diario Libre, 2014)

Esto es un problema que incide directamente a la capital de la República, ocasionando revuelo en la sociedad. El ruido es un factor que se denomina contaminación ya que las consecuencias que esta produce afectan de manera directa a las personas.

Justificación

La contaminación sónica es un efecto medioambiental que afecta la calidad de vida de las personas. Esta se produce por factores como construcción de edificios, actividades humanas, transporte público, lugares de diversión nocturna, electrodomésticos, entre otras.

En las ciudades la contaminación sónica o ruido incide sobre las personas de manera negativa, generando molestias, perjudicando su bienestar y afectando sus actividades de desarrollo. El sistema auditivo del ser humano, está diseñado para percibir y recibir sonidos dentro de un rango de intensidades determinado, si esto se supera y se expone de manera sostenida se produce efectos nocivos tanto fisiológicos como también psicofisiológicos sobre la salud.

Efectos fisiológicos del ruido son: La fatiga auditiva, El encubrimiento, Sordera profesional.

La fatiga auditiva es la dificultad de percibir un sonido los cuales su intensidad sea inferior a 70 dB. Por otro lado el encubrimiento es la dificultad de percibir sonidos que estén por debajo de otro sonido. La Sordera profesionales son aquellas que se da en el ámbito profesional ya que están en contacto con ruidos intensos, tal es el caso de los carpinteros, perforadores, mecánicos e ingenieros aeronáuticos.

A partir de los 100 dB, si el ruido o sonido es sostenido comienzan a producirse efectos nocivos sobre nuestra salud.

Dependiendo de la intensidad del sonido se puede decir que es ruido y que no, la intensidad es medida en decibel. Al silencio absoluto le corresponden 0 dB; una conversación normal genera 60 dB, una intensidad razonable para escuchar música tiene 80dB, un barrio tranquilo tiene 40-50 dB y la calle de una ciudad media alcanza los 80 a 100 dB. En una discoteca el nivel de ruido excede ampliamente los 120-130 dB y de igual forma ocurre, frecuentemente, con los equipos musicales portátiles con audífonos.

Eliminando el nivel de contaminación sónica o ruido se mejora la calidad de vida de las personas, de esta manera el bienestar de las personas se verá mejorado, eliminando los efectos negativos que el ruido produce en las personas.

Delimitación del tema

El diseño del sistema para la eliminación de contaminación sónica será implementado en espacios cerrados, tomando como referencia espacios pertenecientes a Santo Domingo, República Dominicana debido al alto porcentaje de registros y/o reclamaciones de delitos relacionados con la contaminación sónica que afectan dicha ciudad.

En los últimos años las denuncias ambientales ha incrementado en gran proporción en la República Dominicana, según informes estadísticos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Para el 2013 la institución recibió 353 reclamaciones medioambientales las cuales el 31% (110) fueron de contaminación sónica, ya para el 2014-2015 habían recibido 4,659 denuncias sobre delitos ambientales y el 75% correspondieron a delitos de contaminación sónica. (Diario Libre, 2014)

Planteamiento del problema

La alteración del ambiente debido a la contaminación sónica en Santo Domingo, afecta a miles de personas que habitan en esta ciudad, día a día se presentan reclamaciones al Ministerio de Medio Ambiente relacionados con este mal. Desde barrios populares, sectores marginados, urbanizaciones, residenciales, y hasta sectores de niveles altos se ven afectados por la contaminación sónica, unos en mayor proporción que otros.

En barrios los cuales las casas están ubicadas a pocos metros, la competencia es quien posee el radio más potente, "mientras más alto mejor" las 24 horas del día, afectando la paz y la tranquilidad de la vecindad. Los afamados lugares de diversión nocturnas como discotecas y lugares de expendio de bebidas (Drinks) crean un caos urbano ya que la intensidad de ruido que estos producen sobrepasan los niveles permitidos de sonido, esto afecta a los lugareños de manera directa ya que crea efectos negativos sobre ellos. La contaminación sónica también es producida por la cantidad de electrodomésticos en hogares como son: televisores, radios, licuadoras, aires acondicionados, entre otros.

En el estudio realizado por técnicos japoneses y del Ayuntamiento del Distrito Nacional, la medición en las fuentes de emisión de ruidos, en las tres circunscripciones del Distrito Nacional, están por encima de lo máximo permitido. Santo Domingo está sometida a una contaminación sónica mayor al 30% de la permitida y en muchos casos, más del doble de los niveles de ruidos permitidos. El promedio de ruido por zona es: Circunscripción no.1: 86.9 Db(A), Circunscripción no. 2: 88.1 Db(A) y Circunscripción no. 3: 88.5 Db(A).Los estándares internacionales establecen que, los niveles permisibles de ruido ambiental en el

área residencial deben ser de 50 decibeles al día y 50 por la noche; en el comercio y la industria los niveles deben ser de 70 en el día y 55 en la noche. (BATISTA, 2015)

Por otro lado el crecimiento de la ciudad refiriéndonos a edificaciones ha aumentado estos últimos años, la construcción de edificios residenciales, edificios corporativos, tiendas por departamentos y centros comerciales son cada día más, esto incide en el aumento de contaminación sónica en la ciudad ya que para la construcción de dichas edificaciones se necesitan maquinarias como: taladros, plantas eléctricas, martillos, sierras eléctricas, entre otras cosas, que producen una intensidad de sonido muy alta considerándose ruido. Debido a esto el índice de ruido en la cuidad se ha visto en incremento sobrepasando los niveles sonoros aceptables ocasionando que las comunidades alrededor de estas edificaciones en construcción se vean muy afectados por el ruido intenso que estas emiten.

No obstante a esto el parque vehicular de la Republica Dominicana se ha duplicado. Según el departamento de económicos y tributarios, DGII la cantidad de vehículos en el año 2004 era de 1,717,000 vehículos para el 2014 esta cifra aumento a 3,398,662 unidades, representando un aumento de un 98% y ya para los últimos 2 años está a incrementado. La mayor parte de los vehículos se encuentran en el Distrito Nacional, Santo Domingo, con una participación de 27.3%, 16.1%. (Diario Libre, 2015)

Esto afecta a la organización del tránsito vehicular produciendo un desorden y una alteración sonora en el medio ambiente, debido a las bocinas de los autos, el sonido del motor, los altavoces de los vehículos a volumen alto, entre otros factores.

Objetivo General

Diseñar un sistema electrónico que elimine la contaminación sónica (Ruido) en espacios cerrados tales como aulas escolares, habitaciones, salas de estar o salones de conferencia, que se ven afectados por ruidos externos e internos, producidos por radios con volumen alto, tránsito terrestre, construcciones rurales, entre otros.

Objetivos específicos

- Analizar el nivel de ruido en espacios cerrados.
- Tomar datos del nivel de ruido utilizando sonómetro.
- Captar el ruido a través de micrófonos.
- Construir una señal con los mismos componentes que la señal de ruido pero desfasada 180 grados.
- Controlar el ruido dentro de espacios cerrados adecuando el sonido a niveles agradables al oído.
- Emitir la señal reconstruida mediante parlantes para crear una anulación sonora.
- Adecuar los elementos del sistema para lograr la eliminación de contaminación sónica.

Marco teórico referencial

Para la eliminación de contaminación sónica estudiaremos los conceptos relacionados con el sistema auditivo, cómo funciona el oído ante alteraciones sónicas, los tipos de ruido auditivos, manejo de señales de ruido auditivos, que debemos tomar en cuenta para la eliminación de ruido y formas de captar ruido.

Marco Teórico

El oído es, después de la visión, el órgano sensorial más importante del ser humano. Se divide en tres partes: oído exterior, medio e interior. El oído exterior consiste básicamente en la parte visible, la oreja más el canal auditivo. El oído medio está formado a su vez por el tímpano y los osteocillos óticos (huesecillos del oído). El oído interior contiene el labyrinthus (órgano de equilibrio) y la cóclea (caracol), un sistema de tubos enrollados llenos de un líquido linfático donde se encuentran las células ciliadas que, al estar estimuladas, generan los impulsos nerviosos que llegan al cerebro y generan la sensación de oír, al producirse un cambio de presión del aire, que se mueve como una ola circular a partir de la fuente, parecido a las ondas que se forman cuando tiramos una piedra en el agua. Estos cambios de presión entran en el canal auditivo, se transmiten del aire al tímpano del oído, que a su vez mueve los huesecillos del oído medio. Los huesecillos funcionan como un amplificador mecánico y pasan los movimientos al caracol, donde hacen moverse el líquido linfático que contiene. Este, al moverse estimulan las células ciliadas que a su vez reaccionan generando impulsos nerviosos que se envían al cerebro.

Cuando se produce ruido en el ambiente esta articulación produce una sensación auditiva desagradable, ya que los cambios de presión de las ondas tienen mayor intensidad y a su vez generan impulsos nerviosos que se dirigen al cerebro indicando estos cambios de presión. Dichos cambios de intensidad pueden incluso llegar a perjudicar la salud humana afectando no solo al oído sino de manera psicológica.

Esta intensidad de presión sonora es medida en decibelios (dB) que se define como un valor relativo y logarítmico que expresa la relación del valor medido respecto a un valor de referencia (20uPa). Valor de referencia el cual limita la perceptibilidad del oído humano.

No obstante, la percepción subjetiva del oído humano es diferente, y percibimos como el doble de volumen un aumento de la presión sonora de aproximadamente 10 dB (= un poco más que el triple). Por ejemplo, un aumento de la presión sonora de 60 dB significaría un volumen percibido 64 veces superior es decir, la presión sonora incrementa 1024 veces, pero lo percibimos como un aumento de 64x. (LLorente, 2013)

Un sonido de 10 (dB) es 10 veces más fuerte que uno de 0 (dB). Un sonido de 20 (dB) es 10 veces más fuerte que uno de 10 (dB) y 100 veces (10*10) más fuerte que uno de 0 (dB). (Montoya, 2002)

Cuanto más lejos estamos de una fuente de ruido, menos se escucha. En teoría, en campo abierto, la presión sonora se reduce a la mitad (-6 dB) cuando se dobla la distancia. En la práctica, y sobre todo en la ciudad, este valor suele ser más bajo debido a múltiples reflexiones en edificios u otros objetos que impiden que se disipe el sonido en todas direcciones.

La siguiente tabla presenta diversas fuentes de sonido, con su respectiva presión sonora medidas en decibelios (dB):

FUENTES DE SONIDO	NIVEL (dB)
Avión a reacción a 30 (m) de altura	120
Umbral del dolor	140
Rock ruidoso	115
Tren subterráneo antiguo	100
Fabrica promedio	90
Tráfico pesado	70
Conversación normal	60
Biblioteca	40
Murmullo cercano	20
Respiración normal	10
Umbral auditivo	0

Fuente: Montoya H., 2002 "Elementos característicos del sonido"

Como presenta la tabla anterior dependiendo la fuente de sonido la presión sonora varía denominando así diferentes tipos de ruidos dependiendo su intensidad y presión sonora. Dichos ruidos se clasifican en ***Ruido Continuo, Ruido Intermitente, Ruido Impulsivo, Tonos en el Ruido, Ruido de Baja Frecuencia y entre otros.***

(Ramos, 2009) Estos ruidos pueden ser emitidos desde un foco puntual (televisor), un foco espacial (un bar) o un foco lineal (un coche en circulación). El ruido va disminuyendo conforme la distancia con respecto al foco se va incrementando. Son muchas las fuentes de ruido, pero sin embargo en el fondo acústico destacan algunos elementos, de los cuales se citan los siguientes: Tráfico rodado, Actividades de ocio, Obras y construcción, Voces, Aviones, ferrocarriles, Industrias, Animales.

Tráfico rodado, en especial las motocicletas y sobre todo aquellas con escapes libres. Se ha calculado que una sola de estas motocicletas, en una noche cualquiera, en una ciudad de tipo medio, en un solo recorrido por una avenida puede despertar a miles de personas.

Actividades de ocio, bares, discotecas, pubs, etc. Aunque generalmente los locales suelen respetar las ordenanzas municipales, el solo trasiego de personas que entran o salen o que se quedan en la calle, gritos, voces, etc. hacen que el descanso y el sueño sean difícil de conciliar. En Obras y construcción, el ruido causado por un martillo neumático o periodos prolongados de obras (levantamiento de calles, construcción de viviendas, etc.) puede adquirir fácilmente una dimensión compleja de soportar. (Ramos, 2009)

Voces, parques infantiles, acontecimientos culturales o deportivos, agasajos, etc., el ruido que supone en ocasiones puede dar lugar a situaciones puntuales muy estresantes. Aviones, ferrocarriles la proximidad de los aeropuertos o estaciones de tren a zonas densamente pobladas, hacen que numerosos aviones sobrevuelen las ciudades o trenes pasen por ellas, de manera que han contribuido a que la contaminación acústica haya aumentado de forma espectacular en su radio de acción. Industrias, aunque las grandes fábricas por lo general han abandonado la ciudad, son numerosos los talleres y pequeñas industrias las integradas en el tejido urbano con el consiguiente aumento del nivel sonoro. Animales, son muy numerosos los animales que viven en las ciudades y algunos de ellos especialmente ruidosos, como los perros con sus ladridos nocturnos, los gatos con sus maullidos, etc. (Ramos, 2009)

Para el estudio de estos ruidos debemos conocer sus componentes para de esta manera estudiarlos y manejarlos para el fin que deseamos, ya sea su eliminación, reducción o descomposición de los mismos. Los parámetros que forman un ruido son: ***Velocidad del sonido, Longitud de onda, Periodo, Amplitud, Frecuencia, Tono, Timbre, Intensidad y Sonoridad.***

Hay diferentes formas de medir el ruido y observar estos parámetros para poder manejar el ruido a nuestro antojo. Utilizando equipos como micrófono se puede captar el ruido, y ser llevado a un sistema compuesto por un circuito analógico/digital el cual presenta ese valor para poder ser entendido o interpretado por una máquina. Otra de las formas para medir el ruido es utilizando sonómetros y dosímetros, los cuales son aparatos que nos ayuda a interpretar la intensidad de ruido, el sonómetro se basa en una medición estándar de la intensidad de ruido midiendo niveles puntuales de energía de ruido, mientras que el dosímetro es un instrumento que mide el nivel sonoro durante un tiempo determinado para así representar la energía del ruido en dicho intervalo.

Marco conceptual

Ruido: se define como la sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable, molesta para el oído. Técnicamente, se habla de ruido cuando su intensidad es alta, llegando incluso a perjudicar la salud humana. Esta intensidad se mide en decibelio (dB). (LLorente, 2013)

Ruido continuo: se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de proceso. Para determinar el nivel de ruido es suficiente medir durante unos pocos minutos con un equipo manual. Si se escuchan tonos o bajas frecuencias, puede medirse también el espectro de frecuencias para un posterior análisis y documentación. (Sanguineti, 2006)

Ruido Intermitente: Cuando la maquinaria opera en ciclos, o cuando pasan vehículos aislados o aviones, el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente.(Sanguineti, 2006)

Ruido Impulsivo: El ruido de impactos o explosiones, por ejemplo de un martinete, troqueladora o pistola, es llamado ruido impulsivo. Es breve y abrupto, y su efecto sorprendente causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora. (Sanguineti, 2006)

Tonos: molestos pueden verse generados de dos maneras: Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. (Sanguineti, 2006)

Ruido de Baja Frecuencia: El ruido de baja frecuencia tiene una energía acústica significante en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en

grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros.. (Sanguineti, 2006)

Micrófonos: son transductores electroacústicas que se ocupan de transformar la presión sonora ejercida sobre su cápsula en energía eléctrica. La membrana o diafragma es un elemento fundamental que está presente en cada uno de ellos. (QuimiNet, 2008)

Longitud de Onda (λ): Hace referencia a la distancia entre crestas o senos sucesivos en una onda sinusoidal. (Ramos, 2009)

Periodo (P): es el tiempo transcurrido entre dos picos o senos sucesivos. (Ramos, 2009)

Amplitud (A): Mide las variaciones de presión, es decir, la amplitud de la onda. Dado que las variaciones de presión audibles se encuentran en una gama muy amplia, variando entre 20 µNw/m2 y108 µNw/m2, se adoptó para su medición una unidad logarítmica llamada DECIBELIO (dB) en la que interviene una magnitud de referencia, que es precisamente la mínima presión audible o presión de umbral. (Ramos, 2009)

Frecuencia (f): es el número de variaciones de presión por unidad de tiempo, midiéndose en ciclos por segundo o Hercios (Hz). (Ramos, 2009)

Sonómetro: es el aparato mediante el cual se mide el ruido, bueno, más bien la intensidad del ruido que se mide en decibelios Algunas personas los conocen como "medidor de decibelios" aunque este no es el nombre técnico. (contaminacionacustica, 2015)

Dosímetro: acústico es un dosímetro destinado a la medición de niveles de ruido, que va acumulando con un contador digital. De esta forma se obtiene el valor de la dosis de ruido en el tiempo considerado. (equiposylaboratorio.com)

Hipótesis

Emitiendo una señal a través de parlantes dentro de un espacio cerrado con los mismos componentes de frecuencia que el ruido captado mediante micrófonos pero con un desfase de la señal de 180 grados se producirá una eliminación sonora.

Diseño Metodológico

Métodos

Para realizar el diseño de este sistema se integrara el método deductivo. Mediante este tipo de método de investigación distinguiremos varios pasos para la investigación como son la determinación de la problemática, delimitación de objetivo, estudio base del problema y solución del mismo. Estos pasos llevaran a cabo el diseño del sistema.

Tipo de investigación

Explicativa ya que se describirá las causas principales de la contaminación sónica en espacios cerrados para poder estudiarlo y realizar la cancelación del ruido.

Técnicas de investigación

Tipo de investigación documental y de campo para una amplia referencia bibliográfica y un mayor alcance de investigación tanto de fuentes documentales como también de otras observaciones.

Esquema preliminar de contenido del Trabajo de Grado

I. RESUMEN

II. AGRADECIMIENTOS

III. TABLA DE CONTENIDO

IV. INTRODUCCIÓN

V. CAPITULO I MARCO TEÓRICO

- a. SISTEMA AUDITIVO
  - i. EL OIDO
  - ii. EL SONIDO
  - iii. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO ANTE ALTERACIONES SONICAS
- b. EL RUIDO
  - i. DEFINICION
  - ii. MEDIDA DEL RUIDO
  - iii. PARAMETROS QUE COMPONEN EL RUIDO
  - iv. TIPOS DE RUIDOS ACUSTICOS
- c. ELEMENTOS DE LA CONTAMINACION SONICA
  - i. FUENTES DE RUIDOS
  - ii. INTENSIDAD Y SONORIDAD DE PRODUCEN LAS FUENTES DE RUIDO
  - iii. ALCANCE DEL RUIDO
- d. CAPTACION DE RUIDO

i. METODOS Y TECNICAS DE CAPTACION DE RUIDO

ii. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA LA CAPTACION DE RUIDO

VI. CAPITULO II DISCUSIÓN (CUERPO DEL TRABAJO)

a. DISEÑO DE SISTEMA ELECTRONICO PARA LA ELIMINACION DE CONTAMINACION SONICA

i. DIGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA

ii. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

b. METODOS Y TENICAS INTEGRADOS EN EL SISTEMA

i. METODOS Y TECNICAS DE TRATAMIENTO DE SEÑAL

ii. DESCOMPOSICION DE SEÑAL

iii. TECNICAS DE DESFASE DE SEÑAL

iv. EMISION DE SEÑALES SONORAS

c. CIRCUITO ESQUEMATICO DEL SISTEMA

i. CALCULOS DE DISEÑO

ii. ESQUEMA CIRCUITAL DEL SISTEMA ELECTRONICO

d. DISEÑO FISICO DEL SISTEMA ELECTRONICO

i. DISEÑO PCB

ii. DISEÑO DE EMBALAJE

iii. PRODUCTO TERMINADO

VII. PRUEBAS DEL SISTEMA CANCELADOR DE RUIDO

i. PRUEBA DEL SISTEMA EN ESPACIOS CERRADOS

ii. VALIDACION DEL SISTEMA CON RESPECTO A OBJETIVOS

VIII. CONCLUSIONES

IX. RECOMENDACIONES

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

XI. ANEXOS O APÉNDICES

Fuentes de Documentación

BATISTA, J. (22 de enero de 2015). *http://almomento.net/.* Obtenido de http://almomento.net/control-de-ruidos-en-los-ayuntamientos/66797

Diario Libre. (22 de Enero de 2014). *www.diariolibre.com.* Obtenido de http://www.diariolibre.com/noticias/el-ruido-principal-motivo-de-quejas-ambientales-AJDL456611

Diario Libre. (14 de Diciembre de 2015). *www.diariolibre.com.* Obtenido de http://www.diariolibre.com/economia/parque-vehicular-de-republica-dominicana-sigue-creciendo-FC2163025

Fisicanet. (2011). *www.fisicanet.com.ar.* Obtenido de http://www.fisicanet.com.ar/fisica/sonido

GOMEZ TUBIO, A. M., LUQUE LAO, M. A., RODRIGUEZ MATARREDONA, E., DAVIS LOPEZ DE CARRIZOSA, M. A., & MORCUENDE FERNANDEZ, S. R. (2009-2010). *www.rodas5.us.es.* Obtenido de https://rodas5.us.es/items/08c138e2-ac10-680c-1a72-3f7af493bfaf/2/viewscorm.jsp

Hernandez, J. M. (s.f.). *www.jmhwe.wordpress.com.* Obtenido de https://jmhweb.wordpress.com/docencia/master-en-biologia-de-la-conservacion-ucm/metodos-e-instrumentos-para-el-registro-y-analisis-de-sonidos/

LLorente, J. M., & Peters, J. (2013). *Contaminacion Acustica y Ruido.* Madrid: Ecologistas en Accion .

Montoya, H. (2002). *www.guiasdeapoyo.net.* Obtenido de www.guiasdeapoyo.net/guias/cuart_fis_c/Las_ecuaciones_del_efecto_Dopp

QuimiNet. (28 de Octubre de 2008). *www.quiminet.com.* Obtenido de

http://www.quiminet.com/articulos/los-microfonos-y-sus-diferentes-tipos-32180.htm

Ramos. (2009). *www.ugr.es.* Obtenido de

http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos_ruido.pdf

Sanguineti, J. (2006). *www.controlderuido.com.ar.* Obtenido de

http://www.controlderuido.com.ar/tipos-de-ruidos.html

tiposde. (s.f.). *www.tiposde.org.* Obtenido de http://www.tiposde.org/general/741-sonidos/#ixzz44L4Rhnxx

contaminacionacustica. (2015). *www.contaminacionacustica.net.* Obtenido de http://contaminacionacustica.net/como-medir-el-ruido-con-sonometros/