

RAE

- 1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO.
- 2. TÍTULO:** DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MEDICIÓN DE UN MICRÓFONO DE CINTA.
- 3. AUTORES:** José Francisco Maestre Zabala.
- 4. LUGAR:** Bogotá, D.C.
- 5. FECHA:** Febrero de 2012
- 6. PALABRAS CLAVE:** Micrófono de Cinta, Transductor de cinta, transductor electroacústica, transformador de impedancia diafragma, Micrófono, Campo Magnético, Neodimi.
- 7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El proyecto tiene como propósito diseñar y construir un micrófono de cinta, el cual pueda competir en el mercado por sus condiciones técnicas y alta rentabilidad. Para lograr estos planes se realizó una investigación sobre diseños de micrófonos, comportamientos y cualidades del sistema, esto, con el fin de determinar las condiciones de la construcción y diseño del micrófono, se usaron los equipos presentes en la Universidad para realizar las mediciones y procesarlas.
- 8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea de Investigación de la USB: Tecnologías actuales y Sociedad. Sub línea de la Facultad de Ingeniería: Procesamiento Digital de Señales. Campo Temático del Programa: Audio y Acústica.
- 9. FUENTES CONSULTADAS:** BALLOU, Glen. Handbook for sound engineers: The new audio cyclopedia. 1 ed. Indianapolis: Howard W. Sams & Co, 1987. DAVID, Julian. Analysis of the interaction between ribbon motor, transformer, and preamplifier and its application in ribbon microphone design. En: Audio Engineering society, Convention 128°, (Mayo, 2010) . EARGLE, John. The microphone Book. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2005. MADSEN, E. R. The application of velocity microphones to stereophonic Recording. En: Journal of the audio engineering society, Volume 5, Number 2, (April, 1957). OLSON, Harry F, Elements of acoustical Engineering. 1 ed. New York: Van Nostrand Company, 1940. OLSON, Harry F. Ribbon Velocity Microphone. En: Journal of the audio engineering society, Volume 18, Number 2, (June, 1970). SHOTER, D; HARWOOD, H. The design of a ribbon type pressure-gradient microphone for broadcast transmission. 1955, 22p. Monograph British broadcasting corporation, engineering division. SOUTHER, Howard T. An adventure in microphone design. En: Journal of the audio engineering society, Volume 1, Number 2, (April, 1953)
- 10. CONTENIDOS:** El micrófono de cinta es un transductor electroacústico de tipo electrodinámico de gradiente de presión en el que la vibración del diafragma provoca un movimiento en la cinta corrugada que hará que tenga un movimiento hacia adelante y hacia atrás, en función del nivel de presión sonora incidente, esta cinta esta aferrada en unos imanes con los que se generan un campo magnético y cuyas fluctuaciones son transformadas en tensión eléctrica. Se originó el proyecto de diseño y construcción de un micrófono de cinta, alcanzando estándares de calidad competitivos en el mercado. Por ello en el desarrollo del proyecto se manejaron variables importantes, como las relacionadas con el grosor de la cinta y el material a utilizar en la carcasa del micrófono. Las mediciones concernientes y pertinentes se hicieron con el propósito de determinar las cualidades del micrófono y al finalizar se esta presentando un producto con características específicas, como tener respuesta en frecuencia, patrón polar, nivel de presión máxima, sensibilidad y efecto de proximidad. Igualmente, se consideró que este proyecto puede incentivar el diseño de sistemas de sonidos debido a que es un campo poco explorado en Colombia.
- 11. METODOLOGÍA:** Es de carácter empírico-analítico, se fundamenta en la contratación permanente de las aseveraciones teóricas con la verificación experimental, de manera que los cálculos generados a través de modelos matemáticos se deben retroalimentar con la experimentación.
- 12. CONCLUSIONES:** La sensibilidad obtenida del micrófono es de (-60,1 dB); este resultado es inversamente proporcional al grosor de la cinta utilizada en el transductor el cual fue de 2,5 Micras y se encuentra en un valor medio; concluyendo que el micrófono necesitara mas ganancia en la consola para la utilización; Con el resultado de la respuesta en frecuencia del micrófono de cinta, puede ser usado para fuentes que tienden a ser estridentes en las frecuencias altas como platos y metales. Esto se debe a que su respuesta es "limitada" en las frecuencias por encima de 12 KHz, suavizando dichas frecuencias; El diseño de la carcasa del micrófono cumple con el diagrama polar de un micrófono bidireccional y en consecuencia funciona como

soporte y protector de las partes internas, sin necesidad de cambiar la característica del patrón polar; La guía de usuario desarrollada en el proyecto dará la información técnica del micrófono de cinta, logrando que el usuario se percate de las cualidades del micrófono y su finalidad de uso.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MEDICIÓN DE UN MICRÓFONO DE CINTA

JOSE FRANCISCO MAESTRE ZABALA

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
Bogotá
2012

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MEDICIÓN DE UN MICRÓFONO DE CINTA

JOSE FRANCISCO MAESTRE ZABALA

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ingeniero de Sonido

Director
WILLIAN FERNEY ROMO MARTINEZ
Master Recording Engineer

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
Bogotá
2012

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, 10 de Febrero 2012

DEDICATORIA

“Este trabajo fue logrado por el apoyo incondicional de mis Padres, Hermanas, familiares allegados, profesores y amigos el cual estuvieron pendientes de este proceso desde el inicio, pero más aún, a incentivar el espíritu y el respeto por la investigación en el campo de la Ingeniería.

Al asesor Ingeniero William Romo Martínez, por su disponibilidad, compromiso y orientación que permitieron alcanzar el logro propuesto”

José Maestre Zabala

Contenido

RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:	4
1.4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	4
1.5.1 Alcances.	4
2 METODOLOGÍA	5
2.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.	5
2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	6
2.3 HIPÓTESIS	6
3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD/ LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD/ NÚCLEOS PROBLÉMICOS.	7
4 MARCO DE REFERENCIA	8
4.1 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL	8
4.1.1 Tipos de Transducción:	8
4.1.2 Factores de diseño.	10
4.1.3 Características de las capsulas.	11
4.1.4 Características Mecano-Acústicas de los micrófonos.	11
4.1.5 Características electro-magnéticas.	16
4.2.1 Transformadores de impedancia:	18
4.3 Roll – Off	19
4.4 Imán.....	36
4.4.1 Imán de Neodimio	21

4.5 Acero inoxidable.....	21
5 DESARROLLO INGENIERIL	22
5.1 Diseño del transductor de cinta	22
5.1.1 Diseño del chasis	22
5.1.2 Implementación de los imanes	27
5.1.3 Fijación de la cinta	30
5.2 Implementación y Diseño del transformador de impedancias.....	32
5.2.1 Diseño del transformador de impedancia.	33
5.3 Diseño de la capsula y carcasa del micrófono de cinta.	37
5.3.1 Diseño de la Capsula	37
5.3.2 Diseño de la Unión.....	39
5.3.3 Diseño de la Base	40
5.3.4 Resultado final	41
5.4 Mediciones del micrófono de cinta.	42
5.4.1 Medición de sensibilidad	42
5.4.2 Medición de Diagrama polar.....	45
5.4.3 Medición de respuesta en frecuencia	46
5.4.4 Medición de Máxima presión admisible	47
5.4.5 Medición de Efecto de proximidad.....	48
5.5 Desarrollo de la guía de usuario.....	49
6 ANALISIS Y RESULTADOS	51
6.1 Análisis de medición del micrófono	51
6.1.1 Sensibilidad del sistema	51
6.1.2 Análisis del Patrón polar.....	51
6.1.3 Análisis de respuesta en frecuencia	53
6.1.4 Nivel de presión Máxima	53
6.1.5 Análisis de Efecto de proximidad	53
6.2 Cuadro Comparativo con respecto a otros micrófonos.....	54
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
7.1 Conclusiones	58

7.2 Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	63

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Característica de las respuestas polares del micrófono.....	14
Tabla 2. Datos por cada 30° a una frecuencia de 100Hz.....	44
Tabla 3. Datos por cada 30° a una frecuencia de 1000Hz.....	44
Tabla 4. Datos por cada 30° a una frecuencia de 10000Hz.....	44
Tabla 5.1 Datos por cada 1/3 de octava con incidencia de 0°	45
Tabla 5.2 Datos por cada 1/3 de octava con incidencia de 0°	45
Tabla 6. Datos calculados para el efecto de proximidad	47
Tabla 7. Cuadro Comparativo # 1.....	53
Tabla 7. Cuadro Comparativo # 2.....	54

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Patrón Polar, para 100HZ.....	50
Gráfica 2. Patrón Polar, para 1000HZ.....	51
Gráfica 3. Patrón Polar, para 10000HZ.....	51
Gráfica 4. Respuesta en frecuencia Obtenida.....	52
Gráfica 5. Efecto de proximidad Obtenido.....	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de línea de investigación.....	7
Figura 2. Estructura de la señal en el micrófono de cinta.....	9
Figura 3. Respuesta polar Omnidireccional.....	12
Figura 4. Respuesta polar Cardiode	13
Figura 5. Respuesta polar Híper-Cardiode.....	13
Figura 6. Respuesta polar Bidireccional.....	14
Figura 7. Respuesta en frecuencia de un micrófono.....	15
Figura 8. Estructura de un transductor de cinta.....	22
Figura 9. Distancia efectiva de un transductos. Relación de (A: B).....	23
Figura 10 Corte trasversal del transductor del Chasis, con las medidas de la relación.....	25
Figura 11. Vista lateral del Diseño del chasis con sus medidas.....	25
Figura 12. Vista Frontal del Diseño del chasis con sus medidas.....	25
Figura 11. Fijadores Superior e inferior(ajustables), con sus medidas.....	26
Figura 12. Vista lateral del Diseño del chasis.....	26
Figura 13. Vista Frontal del Diseño del chasis.....	26
Figura 14. Fijadores de la cinta , Superior e Inferior (ajustables).....	27
Figura 15. Diagrama de la colocación de los imanes en el chasis para generar un campo magnético (se deben de atraer).....	27
Figura 16. Foto del iman que se va utilizar, con sus respectivas medidas.....	28

Figura 17. Establecido el primer iman en el chasis.....	28
Figura 18. Pegados los dos imanes, y separador entre medio de los dos para lograr la fijacion en el chasis.....	28
Figura 19. Transductor en la fase final con los imanes ya fijados en el chasis.....	29
Figura 20. Corte de la cinta , ancho de 4(m.m).....	29
Figura 21. Corrugacion de la cinta.....	30
Figura 22. Diseño final del Transductor.....	30
Figura 23. Area del Nucleo del transformador.....	33
Figura 24. Transformador implementado en el microfono de cinta RMX-1.....	35
Figura 25. Diseño de la capsula en Google SketchUp con la dimensiones.....	37
Figura 26. Resultado en acero inoxidable de la capsula.....	37
Figura 27. Diseño de la union en Google SketchUp, con sus medidas.....	38
Figura 28. Resultado en acero inoxidable de la union y encajando el transductor.....	38
Figura 29. Diseño de la base en Google SketchUp.....	39
Figura 30. Resultado en acero inoxidable de la base	39
Figura 31. Producto Final	40
Figura 32. Metodo de medicion	41
Figura 33. Medicion del Patron polar del microfono.....	45
Figura 34. Guia de usuario, para el microfono	48
Figura 35. Guia de usuario, para el microfono	49

RESUMEN

El proyecto tiene como propósito diseñar y construir un micrófono de cinta, el cual pueda competir en el mercado por sus condiciones técnicas y alta rentabilidad. Para lograr estos planes se realizó una investigación sobre diseños de micrófonos, comportamientos y cualidades del sistema, esto, con el fin de determinar las condiciones de la construcción y diseño del micrófono, se usaron los equipos presentes en la Universidad para realizar las mediciones y procesarlas.

El resultado obtenido de la construcción y diseño fue favorable a la propuesta porque permitió el logro de un producto competitivo para un mercado caracterizado por los elevados costos. Después de comparar el producto logrado con micrófonos de uso profesional, se encontró con una eficiencia aceptable en los resultados obtenidos. Sin embargo, es conveniente precisar que existen variables que hay que tener presente, como la utilización de productos de diferente calidad para obtener resultados considerados también profesionales.

INTRODUCCIÓN

En el lapso de la década de los 40 a los 70, los micrófonos de cinta fueron definitivos en la historia de la producción musical, durante este periodo de tiempo, fueron llevados a cabo trabajos discográficos que sentaron precedentes para la música contemporánea, no solo en términos de composición musical sino también de calidad sonora. Los equipos de grabación diseñados en esa época marcaron estándares de calidad sonora que no han podido ser superados por sus sucesores a pesar que la era digital ha logrado brindar una serie de facilidades al proceso de grabación.

Uno de los elementos más reconocidos de aquella época fue el micrófono de cinta, el cual creó un auge utilizándolo para grabaciones análogas, estudios de disco de gramófono y en la industria de la radiodifusión debido a que este tenía una particularidad en su respuesta en frecuencia, además recreaba un tono suave y cálido con una buena calidad sonora, asimismo fue utilizado en grabaciones legendarias como Beatles y Pink Floyd; su sonido revolucionó la industria musical y del audio en general.

El micrófono de cinta es un transductor electroacústico de tipo electrodinámico de gradiente de presión en el que la vibración del diafragma provoca un movimiento en la cinta corrugada que hará que tenga un movimiento hacia adelante y hacia atrás, en función del nivel de presión sonora incidente, esta cinta esta aferrada en unos imanes con los que se generan un campo magnético y cuyas fluctuaciones son transformadas en tensión eléctrica.

Se originó el proyecto de diseño y construcción de un micrófono de cinta, alcanzando estándares de calidad competitivos en el mercado. Por ello en el desarrollo del proyecto se manejaron variables importantes, como las relacionadas con el grosor de la cinta y el material a utilizar en la carcasa del micrófono. Las mediciones concernientes y pertinentes se hicieron con el propósito de determinar las cualidades del micrófono y al finalizar se esta presentando un producto con características específicas, como tener respuesta en frecuencia, patrón polar, nivel de presión máxima, sensibilidad y efecto de proximidad. Igualmente, se consideró que este proyecto puede incentivar el diseño de sistemas de sonidos debido a que es un campo poco explorado en Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En 1931, apareció en el mercado de los aparatos de grabación y sonido un micrófono que revolucionó la industria musical y de comunicación. El PB-31, fue un micrófono de cinta diseñado por el Dr. Harry F. Olson de RCA. Rápidamente comenzó a destacarse frente a otros por su amplia respuesta en frecuencia y efecto de proximidad, Estas características, brindan una mayor sensación de realismo y claridad en la señal transmitida, lo cual lo popularizó entre los locutores de la época, quienes se beneficiaban del micrófono que hacía sonar su voz más grande y potente.

Meses más adelante, la misma industria lanzaría el 44A, un modelo de cinta que brindaba la posibilidad de control del patrón polar, lo cual solucionaba problemas de reverberación y feedback para espectáculos en vivo. Así mismo, las características bidireccionales de algunos micrófonos de cinta tuvieron un fuerte impacto en la industria cinematográfica debido a las ruidosas que solían ser las cámaras del filtrado de ruido, las cuales representaban un gran problema en salas de audio y locales al aire libre. El micrófono de cinta, comenzó a solucionar estas dificultades mediante un patrón polar que, ubicado adecuadamente, situaba la cámara en una zona muerta sin afectar la señal del escenario.

El micrófono de cinta hizo parte no sólo del sonido, sino también del look de algunos artistas que marcaron la época como Elvis y ArethaFranklin, entre otros, quienes utilizaban la particular y agradable apariencia del micrófono de cinta como parte de su puesta en escena.

Con el paso de los años, los micrófonos de cinta perdieron popularidad, debido a su fragilidad y tendencia en la manera de apreciar la forma en que el sonido debería ser capturado. En el 2002 aparecieron, modelos chinos de bajo precio que solían ser usados como base para elaborar imitaciones de los RCA. En el 2007 aparecieron nuevos elementos de cinta que ofrecían mejoras en la claridad y nivel de la señal. En el 2009 la SoundwaveResearchLaboratories, Inc., fabricantes de Crowley y micrófonos Tripp cinta, crea una cinta resistente bajo condiciones extremas.

En el contexto nacional no hay empresas que se dediquen a la creación de micrófonos de cinta. La fuerte demanda esta siendo cubierta por las empresas internacionales que se han dedicado a la comercialización de micrófonos de cinta . Algunas de ellas son las siguientes: Audio Engineering Associates, Audio-Technica, Beyer Dynamic, Blue Microphones, Royer, Se Electronics, Mxl, Trion Cad, Golden Age Acoustic, Mercenary Cascade Microphones, Samson, Roxdon, Superlux, Isk, Avantone, Oktava.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Recientemente en el ámbito universitario se ha generado una tendencia por promover el diseño de sistemas de sonido. Estas aperturas han determinado que los micrófonos de cinta por sus características esenciales son únicos, importantes e indispensables en el inventario de los micrófonos de cualquier estudio de grabación profesional. Vale la pena preguntar:

¿Cómo diseñar un micrófono de cinta, alcanzando estándares de calidad competitivos en el mercado?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto resultado de gran interés para las personas que se encuentran comprometidas con el campo de diseños de sistemas de sonido y producción musical; Para los estudios de grabación y salas de concierto es una necesidad la dotación de buenos equipos para poder entregar un producto con buena calidad, por lo tanto, el micrófono de cinta es un elemento ineludible que no debe faltar por sus múltiples características como son la entrega de sonidos cálidos, naturales.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar y construir un micrófono de cinta, alcanzando estándares de calidad competitivos en el mercado.

1.4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de transducción de cinta.
- Implementar y diseñar un transformador de impedancia para aumentar la señal generada en el transductor de cinta.
- Diseñar la capsula y la carcasa a utilizar en el micrófono.
- Desarrollar las mediciones concernientes del micrófono de cinta y analizar su respuesta en frecuencia y diagrama polar
- Crear una guía de usuario que contenga características y especificaciones del micrófono.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances.

Obtener como producto final, un micrófono de cinta útil en cualquier estudio de grabación, para lograr satisfacer las necesidades actuales de la grabación y proponer el diseño de sistemas de sonido, puesto que, el área de creación de micrófonos en Colombia se encuentra poco explorada.

2 METODOLOGÍA

2.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

El proyecto, diseño y construcción de un micrófono de cinta, permite alcanzar estándares de calidad competitivos en el mercado, por ello se orientó metodológicamente con un enfoque empírico-analítico, que según el planteamiento en la guía esquemática de la Universidad San Buenaventura se fundamenta en la contrastación permanente de las aseveraciones teóricas con la verificación experimental, de manera que los cálculos generados a través de modelos matemáticos se deben retroalimentar con la experimentación. De esta manera el proceso metodológico del proyecto presentó las siguientes fases:

1. El diseño y construcción del transductor de cinta,
2. Diseño del transformador de impedancia.
3. Diseño de la capsula y la carcasa a utilizar en el micrófono.
4. Desarrollo de las mediciones concernientes del micrófono de cinta.
5. Creación de una guía de usuario que contenga características y especificaciones del micrófono.

Estas fases se lograron con la puesta en práctica de investigaciones y análisis matemáticos e ingenieriles los cuales presentaron los resultados obtenidos por el sistema. Para la culminación de estos se deben hacer respectivas mediciones las cuales nos darán como resultado sus diversas características:

- Sensibilidad.
- Respuesta en frecuencia.
- Comportamiento de su direccionalidad.
- Impedancia de salida.
- Máximo nivel de presión sonora.
- Relación señal ruido.

Comprendido y analizado el sistema se terminó desarrollando una guía con especificación y utilidad para el usuario.

2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información se hicieron diversos tipos de medición, los cuales permitieron analizar el comportamiento del sistema. Las mediciones realizadas fueron las siguientes:

- Sensibilidad del sistema: Es el nivel de salida en Volts [V] que es capaz de producir, para una señal de entrada normalizada en niveles de presión sonora [dB SPL], expresada en decibeles.
- Trazos de los diagramas directivos: El resultado es la directividad que nos entrega el micrófono; la cual es una gráfica en un diagrama polar, en el cual la pérdida en dB está en función del ángulo y se encuentra normalizado para incidencia normal.
- Respuesta en frecuencia: Se especifica en el eje y para un nivel constante de presión sonora a lo largo del espectro de frecuencia, el resultado se grafica en un diagrama cartesiano semilogarítmico, con la respuesta en decibeles en función de la frecuencia en Hertz.
- Relación Señal/Ruido: es la margen que hay entre el ruido de fondo y ruido de referencia, y está indicada en dB.
- Máxima presión admisible: este depende de la tensión aplicada y de su sensibilidad, por lo que se debe calcular la presión en pascales y después convertir en decibeles.

Todas estas mediciones se deberán realizar en campo directo y con instrumentos especializados los cuales se encuentran en los laboratorios de la universidad.

2.3 HIPÓTESIS

El micrófono de cinta “made in Colombia” estará capacitado para poder utilizarlo de manera profesional, satisfaciendo las exigencias presentadas por los profesionales en los estudios de grabación.

3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD/ LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD/ NÚCLEOS PROBLÉMICOS.

Figura 3.0 Diagrama de línea de investigación



Al tratarse de un proyecto de tipo ingenieril se definió **tecnologías actuales y sociedad** como la línea institucional bajo la cual se orientó la investigación y determinó la manera de dirigirse ante quienes le concierna. Como sublínea de la facultad, se consideró el **procesamiento digital de señales**, puesto que, el propósito de un micrófono es procesar señales o convertirla en fluctuaciones de voltaje. Por último, se encasilló el proyecto en el campo de investigación de **audio y acústica**, porque la funcionalidad del micrófono es convertir la presión sonora del aire en una señal de audio.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

Micrófono: Son transductores electroacústico, que transforma la onda de presión en onda eléctrica con la mismas características de frecuencia y amplitud¹.

4.1.1 TIPOS DE TRANSDUCCIÓN:

4.1.1.1 MICRÓFONO DE CARBÓN:

Trasforman variaciones de presión acústica en variaciones de resistencia. La variación de resistencia debe convertirse posteriormente en una variación tensión, para lo cual se conecta el micrófono de carbón a una tensión continua entre 2 y 8 Voltios².

4.1.1.2 Micrófono de Cristal o piezoeléctrico:

Emplean cristales, que accionados por fuerzas adecuadas, producen potenciales eléctricos linealmente relacionados con la deformación de la sustancia. Se utilizan en los sistemas de refuerzo acústico, medidores de nivel sonoro. Tienen una respuesta en frecuencia satisfactoria para estos fines³.

4.1.1.3 Micrófono Dinámico (bobina móvil):

Generan por inducción una tensión alterna proporcional a las variaciones de la presión acústica⁴. Se encuentran sujetos a una membrana muy ligera de plástico, aluminio o papel, dicha bobina se puede mover libremente en una ranura circular del imán permanente, cuando las ondas sonoras inciden sobre la membrana, esta se pone a vibrar a su son y con ella también la bobina móvil.

4.1.1.4 Micrófono de Cinta:

Es un tipo de micrófono electrodinámico de gradiente de presión, En este sistema se utiliza una cinta metálica muy ligera que está expuesta a las ondas sonoras tanto por delante como por detrás. Dicha cinta se halla montada dentro de un campo magnético permanente creado por un imán.

¹FAUSTINO M. DÍEZ. "Higiene industrial: manual para la formación del especialista" 4 edición pág. 288

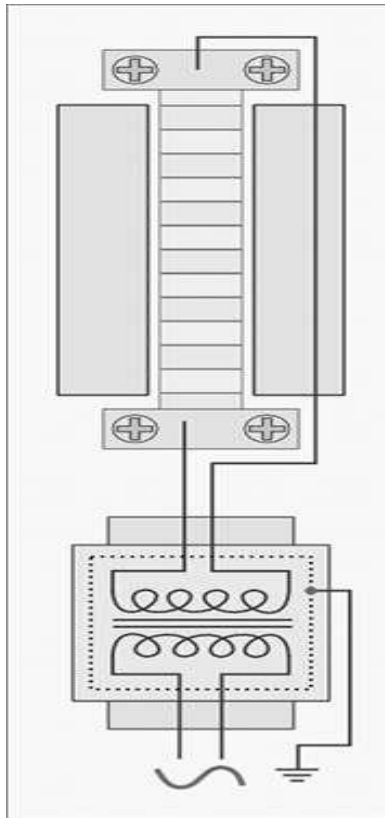
²H. HABERLE "Electrónica de telecomunicaciones" Tomo III 4 pág. 16

³BERANEK, Leo. Acústica. 2 ed. Argentina: Hispano, 1969. 174-175p.

⁴H. HABERLE "Electrónica de telecomunicaciones" Tomo III 4 pág. 18

Cuando la cinta vibra como consecuencia de las presiones de las ondas sonoras, se crea una corriente que similar a la velocidad de desplazamiento de dichas ondas sonoras, por esto a veces se les llama también micrófonos de velocidad.

Figura 4.1 Estructura de la señal en el micrófono de cinta.



Fuente: http://www.diyaudiocomponents.com/images/blog/ribbon_scheme.jpg

Su diagrama polar suele ser bidireccional aunque se pueden conseguir cardiodes también. Su respuesta en frecuencia es muy buena. Únicamente hay que señalar que son muy sensibles a los golpes y malos tratos por lo que únicamente se utilizan en estudio y con buen trato⁵.

4.1.1.5 Micrófono de condensador:

Este opera gracias a un componente llamado condensador, el cual almacena una carga eléctrica. En un micrófono de condensador, se aplica una carga a un lado del condensador, conocido como placa posterior, que al vibrar el diafragma, se modifica la distancia entre este y la placa posterior, así como la cantidad de carga contenida en la placa posterior. Estos necesitan de una fuente de poder

⁵ BERANEK LEO. "Acoustics" 1993 2 edición pág. 190

independiente para colocar una carga en la placa posterior; por tanto se necesita una fuente de poder fantasma.⁶

4.1.2 Factores de diseño.⁷

4.1.2.1 Tensión de la membrana:

Se asimila a una compliancia que determina las características en bajas frecuencias, actuando como un filtro pasa altos. Cuanto mayor sea la rigidez, debida a los anillos soporte que la sostengan, mayor será la caída en bajas frecuencias. La frecuencia de corte puede corregirse modificando ligeramente la tensión del diafragma.

4.1.2.2 Masa acústica:

Es la que determina la respuesta en alta frecuencia, también asociada con la respuesta transitoria del movimiento del diafragma. A medida que la masa de la membrana aumenta, la frecuencia superior disminuye. La inercancia (masa) del diafragma dependerá del espesor y del material con que está construido.

4.1.2.3 Diámetro de la capsula:

Influye sobre la masa de la membrana, afectando por lo tanto las altas frecuencias. En este caso se deberá tener en cuenta que a mayor diámetro, existirá mejor captación en frecuencias bajas, por lo que la respuesta general de un diafragma pequeño es muy distinta a la de uno de mayor diámetro.

⁶ CARL HAUSMAN, PHILIP BENOIT. "Producción en la radio moderna" 2001 5 edición pág. 104

⁷ "Factores de Diseño". Disponible en <http://materias.fi.uba.ar/6668/6.Microfonos.pdf>

4.1.2.4 Separación entre placas (condensador):

Afecta la capacidad del circuito eléctrico asociado. Además esta separación crea un espacio de aire que amortigua la vibración de la membrana reduciendo la compliancia del sistema.

4.1.3 Características de las capsulas.⁸

4.1.3.1 De presión:

Sistema de cápsula en el cual sólo una cara del diafragma está expuesta al campo sonoro. El diafragma es sensible a las variaciones de presión sobre la superficie, sin importar la ubicación de la fuente dando como resultado un diagrama polar omnidireccional.

4.1.3.2 De gradiente de presión:

El micrófono de gradiente de presión es el que responde a una diferencia de presión entre dos puntos separados por una distancia muy pequeña, Un ejemplo común de este tipo de micrófono posee un diafragma cuyas caras están expuestas a la onda sonora.⁹

4.1.3.3 Micrófonos combinados de presión y gradiente de presión

Consiste en combinar las salidas de un micrófono de presión y la de un gradiente de presión; la cual su característica direccional sea totalmente independiente de la frecuencia.¹⁰

4.1.4 Características Mecano-Acústicas de los micrófonos.

4.1.4.1 Características direccionales

La directividad señala la variación de la respuesta del micrófono dependiendo de la dirección de donde provenga la fuente sonora- Es decir, muestra cómo varía la sensibilidad respecto a la dirección de procedencia del sonido. La directividad de

⁸ “Características de las cápsulas”. Disponible en <http://materias.fi.uba.ar/6668/6.Microfonos.pdf>

⁹ BERANEK LEO. “Acoustics” 1993 2 edición pág. 154

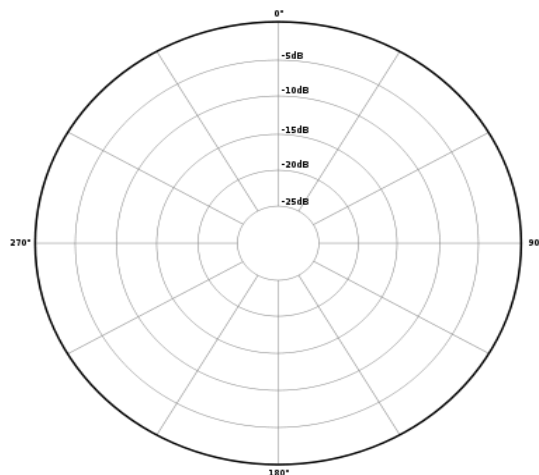
⁹ BERANEK LEO. “Acoustics” 1993 2 edición pág. 191.

un micrófono se representa mediante los diagramas polares. En éstos se dibuja para distintos ángulos de incidencia del sonido respecto el micrófono (que está a 0 grados), cómo lo recibe éste. Todas las señales se envían con la misma intensidad, para así poderlas comparar. La circunferencia exterior supone que no hay ninguna pérdida de señal, y las interiores están medidas en decibelios de pérdida. Hay variaciones incluso respecto a la frecuencia emitida, por lo que en algunos diagramas se representan en diferentes trazos las distintas frecuencias.¹¹

4.1.4.1.1 Omnidireccionales:

son aquellos en los cuales el nivel de la señal eléctrica proporcionada por el micrófono es independiente de la dirección de la cual se provenga. Estos micrófonos dependen de la frecuencia, y se cumplen fácilmente a frecuencias bajas. A altas frecuencias predomina la captación frontal sobre la captación de sonidos que incidan en la parte lateral o posterior.

Figura 4.2 Respuesta polar Omnidireccional.



Fuente:

[Http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Polar_pattern_omnidirectional.svg/400px-Polar_pattern_omnidirectional.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Polar_pattern_omnidirectional.svg/400px-Polar_pattern_omnidirectional.svg.png)

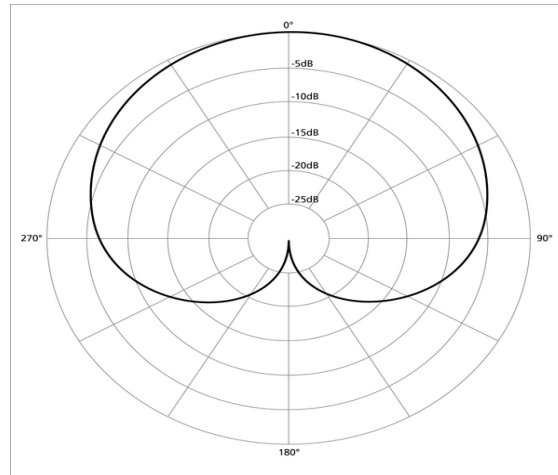
4.1.4.1.2 Cardiode:

Sólo recogen sonidos frontalmente. Su sensibilidad para sonidos de procedencia frontal es máxima, disminuyendo según varía el ángulo de incidencia en el diafragma, e incluso llegando a ser nula para los sonidos recibidos por su parte posterior. Son los más empleados y son ideales cuando se tienen problemas de

¹¹ Descripción disponible en bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1244/1/CD-0559.pdf

realimentación acústica. Se construyen combinando la presión y el gradiente de presión.

Figura 4.3 Respuesta polar Cardiode.



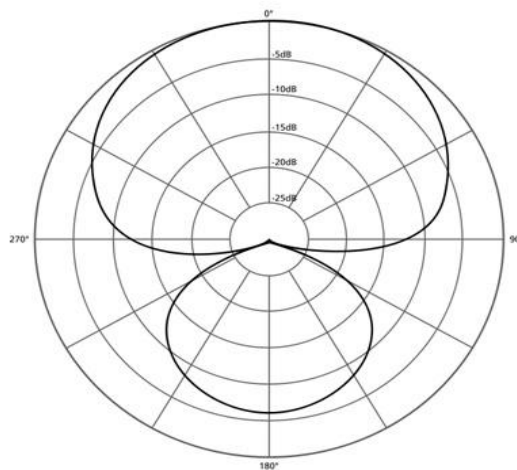
Fuente:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Polar_pattern_cardioid.png/400px-Polar_pattern_cardioid.png

4.1.4.1.3 Híper cardiodes:

Tiene un ángulo frontal aún más achatado y un “lóbulo” posterior más grande. Los patrones híper cardiodes, también son llamados unidireccionales, por lo general son utilizados para evitar ruidos imprevistos.

Figura 4.4 Respuesta polar Hiper-Cardiode

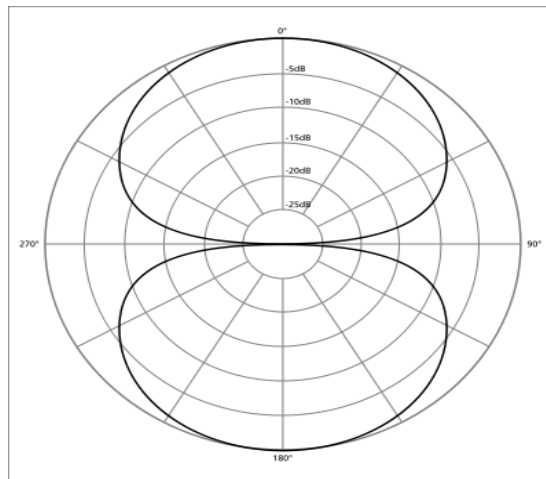


Fuente: <http://www.cameraman.es/fotos/19/hipercardiode-nuevo.jpg>

4.1.4.1.4 Bidireccionales:

Tienen sensibilidad máxima para los sonidos que inciden frontalmente al diafragma, ya sea por la cara anterior o la posterior. Los sonidos laterales no son captados apenas, ya que se anulan las ondas que alcanzan las dos caras porque llegan a la vez. Tampoco los emitidos por su parte superior. Este efecto se agudiza también a altas frecuencias. Son de gradiente de presión.

Figura 4.5 Respuesta polar Bidireccional.



Fuente:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Polar_pattern_figure_eight.svg/400px-Polar_pattern_figure_eight.svg.png

Tabla 4.0 Características de las respuestas polares de los Micrófonos.

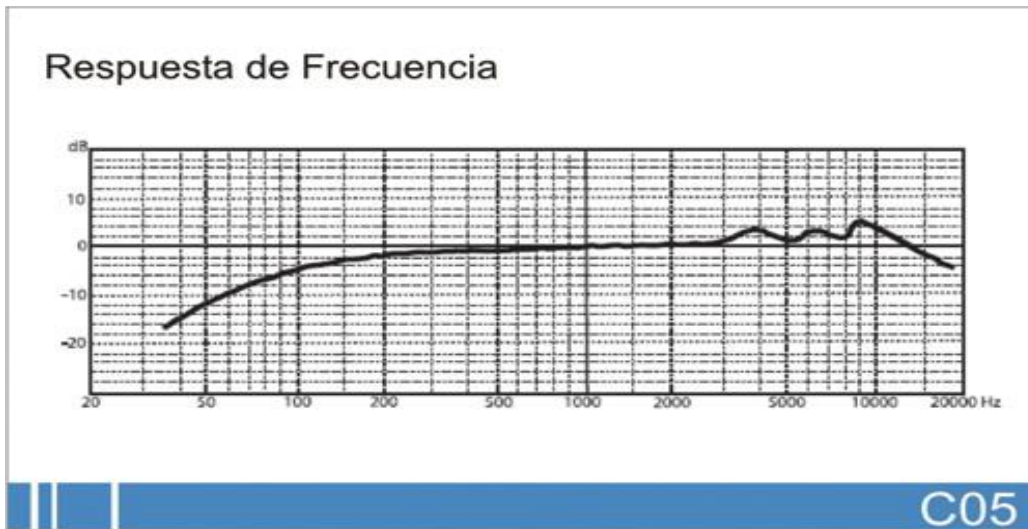
Microphone Polar Patterns Compared					
CHARACTERISTIC	OMNI-DIRECTIONAL	CARDIOID	SUPER-CARDIOID	HYPER-CARDIOID	BI-DIRECTIONAL
POLAR RESPONSE PATTERN					
COVERAGE ANGLE	360°	131°	115°	105°	90°
ANGLE OF MAXIMUM REJECTION (null angle)	—	180°	126°	110°	90°
REAR REJECTION (relative to front)	0	25 dB	12 dB	6 dB	0
AMBIENT SOUND SENSITIVITY (relative to omni)	100%	33%	27%	25%	33%
DISTANCE FACTOR (relative to omni)	1	1.7	1.9	2	1.7

Fuente: <http://files.cursodesonido.webnode.com.co/200013/polarity%20chart.png>

4.1.4.1.6 Respuesta en frecuencia:

La fidelidad indica la variación de la sensibilidad respecto de la frecuencia. Es significativa de lo parecida que es la señal emitida respecto de la recibida. Se mide esta característica para todo el espectro audible (20 a 20000 Hz). Así se proporcionan con los micrófonos sus curvas de respuesta en frecuencia que informan de las desviaciones sobre la horizontal (0 dB). Cuanto más lineal sea esta curva, mayor fidelidad tendrá el micrófono. Los de mayor fidelidad son los de condensado

Figura 4.6 Respuesta en frecuencia de un micrófono.



Fuente: <http://www.cameraman.es/fotos/19/Respuesta-frecuencia.jpg>

4.1.4.1.4 Relación Señal/Ruido:

La relación señal ruido (S/R) representa realmente la diferencia entre el nivel SPL y el ruido propio del micrófono. Cuanto mayor sea la SPL y menor el ruido mejor será la relación señal ruido, y por contrario si el nivel de SPL es menor y el ruido propio aumenta, la relación será menor y por tanto peor; Cuanto mayor sea la relación señal ruido mejor.

4.1.4.2 Características eléctricas de los micrófonos.

4.1.4.2.1 Sensibilidad:

Nos indica la capacidad del micrófono para captar sonidos muy débiles (o de poca intensidad). Es la presión sonora que debemos ejercer sobre el diafragma para que nos proporcione una señal eléctrica y se mide a 1kHz y se expresa en mili voltios por Pascal (mV/Pa).

Cuanto menor sea la sensibilidad del micrófono, mayor dificultad tendrá la mesa de mezcla (como receptora de la señal), para mantener una relación señal ruido aceptable. Es decir, la mesa de mezcla tiene un nivel de ruido de fondo, si la señal microfónica es muy débil (tiene poco voltaje), estarán más próximas en lo que a nivel se refiere. Esta relación señal de micrófono a ruido no se podrá mejorar más que dando a la señal del micrófono más nivel.

4.1.4.2.2 Impedancia Alta (20 K Ω - 50 K Ω):

Para longitudes mayores a los cinco metros la capacidad distribuida del cable en conjunto con la alta impedancia de la capsula, es suficiente para atenuar las señales de alta frecuencia funcionando como un filtro pasa bajos.

4.1.4.2.3 Impedancia Baja (50 Ω - 600 Ω):

Muy bajas perdidas de alta frecuencia, aún cuando se utilice con cables de varias decenas de metros; Menos susceptibles a la inducción de ruidos por campos electromagnéticos o electroestáticos, se utiliza líneas balanceadas.

4.1.5 Características electro-magnéticas.

4.1.5.1 Campo Magnético:

Es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad V , sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo. Así dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad.

F =

$$qv * B$$

Ec. (4.0)

Donde:

F : es la fuerza.

V : es la velocidad.

B : Inducción Magnética.

4.1.5.2 Inducción Magnética:

Cuyo símbolo es B , es el flujo magnético por densidad de área de una sección normal a la dirección del flujo, esta dado por:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(qv) \cdot \hat{U}r}{r^2} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

B : es la densidad de flujo magnético generado por una carga que se mueve a una velocidad v a una distancia r de la carga

$\hat{U}r$: es el vector unitario que une la carga con el punto donde se mide B .

4.1.5.3 Flujo magnético:

Es una medida de cantidad de magnetismo, y se calcula a partir del campo magnético, la superficie sobre cual actúa y el ángulo de incidencia formando entre las líneas de campo magnético y los diferentes elementos de dicha superficie. La unidad es el weber (Wb)

$$\Phi = B * S \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde:

Φ : Flujo magnético.

B : Campo Magnético.

S : Superficie de área.

4.1.5.4 Densidad de Flujo:

Es una forma aproximada de describirse la intensidad de un campo magnético por unidad de área de una sección que es perpendicular a la dirección de flujo, se expresa de esta manera:

$$B = \frac{\Phi}{A} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

4.1.5.5 Impedancia Mecánica (Zm):

La impedancia mecánica es la relación compleja entre la fuerza eficaz que actúa sobre un área específica de un medio acústico o un dispositivo mecánico a la velocidad eficaz lineal resultante a través o de tal área. La unidad es el newton-s/m.¹²

$$Zm = \frac{f}{v}. \quad \text{Ec. (4.4)}$$

4.2 Transformadores

Un transformador es un dispositivo eléctrico que consta de una o más bobinas de alambre enrollado en un núcleo de material magnético, la energía eléctrica puede ser transmitida entre una o varias bobinas, los transformadores diseñados para el uso de audio-frecuencia deben ser capaces de transmitir las corrientes en un amplio rango de frecuencias, a diferencia de un transformador de potencia que transmite corrientes en una banda de frecuencia estrecha.¹³

4.2.1 Transformadores de impedancia:¹⁴

El transformador es un dispositivo de adaptación de impedancia. Debido a que conectado entre la impedancia de los diferentes valores de impedancias o sin terminar, también se utiliza como un multiplicador de tensión o de corriente o un dispositivo

¹² BERANEK, Leo. Acústica. 2 ed. Argentina: Hispano, 1969. 11p.

¹³ BALLOU, Glen. Handbook for sound engineers: The new audio cyclopedia. 1 ed. Indianapolis: Howard W. Sams & Co, 1987. 230p.

¹⁴ BALLOU, Glen. Handbook for sound engineers: The new audio cyclopedia. 1 ed. Indianapolis: Howard W. Sams & Co, 1987. 230p.

La relación de impedancia entre las dos bobinas es igual a la relación de vueltas al cuadrado:

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Donde:

Z_1 : Impedancia de entrada

Z_2 : Impedancia de salida

N_1 : Relación del primer embobinado

N_2 : Relación del segundo embobinado

La relación de tensión es igual a la relación de vueltas

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Donde:

V_1 : Voltaje de entrada

V_2 : Voltaje de salida

N_1 : Relación del primer embobinado

N_2 : Relación del segundo embobinado

4.3 Roll – Off

Es un término utilizado comúnmente para describir la pendiente en función de una frecuencia; se relaciona con los circuitos de filtros en la transición entre un pasa banda y un rechaza banda, Para medir roll-off sus unidades son (dB/octava)

Determinar Roll – Off del micrófono (Punto de Corte de la curva de Frecuencia).

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde:

λ : Longitud de onda

C : Velocidad del Sonido

f : frecuencia

Sabemos que roll off comienza actuar en el desplazamiento de fase que es 180° , que es $\frac{1}{2}$ la longitud de onda.

A: punto de inicio del Roll – off

$$A = f * \frac{1}{2} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

B: decae 3dB por octava. Es decir $180^\circ + 45^\circ$, que es igual $\frac{5}{8}$ la longitud de onda.

$$B = f * \frac{5}{8} \quad \text{Ec. (4.9)}$$

C: decae 6dB por octava. Es decir $180^\circ + 45^\circ + 45^\circ$, que es igual $\frac{3}{4}$ la longitud de onda.

$$c = f * \frac{5}{8} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

4.4 Imán

Un imán es un material que tiene la capacidad de producir un campo magnético en su exterior, el que es capaz de atraer al hierro, así como también al níquel y al cobalto.

Existen imanes de origen natural y otros fabricados de forma artificial. Generalmente, aquellos que son naturales manifiestan sus propiedades en forma permanente, como es el caso de la magnetita o Fe_3O_4 . Los imanes artificiales se

pueden crear a partir de la mezcla o aleación de diferentes metales. Otra forma de generar el magnetismo es mediante el principio que opera en los electroimanes¹⁵

El magnetismo de los imanes se explica debido a las pequeñas corrientes eléctricas que se encuentran al interior de la materia. Estas corrientes se producen debido al movimiento de los electrones en los átomos, y cada una de ellas da origen a un imán microscópico. Si todos estos imanes se orientan en forma desordenada, entonces el efecto magnético se anula y el material no contará con esta propiedad. Por el contrario, si todos estos pequeños imanes se alinean, entonces actúan como un solo gran imán, entonces la materia resulta ser magnética.

4.4.1 Imán de Neodimio

Un imán de neodimio (también conocido como NdFeB, NIB, o un imán Neo), es un imán permanente a partir de una aleación de neodimio, hierro y boro para formar el Nd₂Fe₁₄B tetragonal estructura cristalina. Desarrollado en 1982 por General Motors y Especial Sumitomo Metals, son los tipos de imanes de neodimio más fuertes. Han sustituido a otros tipos de imán en muchas aplicaciones: en productos modernos que requieren de fuertes imanes permanentes, tales como motores de cuerda, unidades de disco duro y elementos de fijación magnética.¹⁶

4.5 Acero inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes. Los principales son el níquel y el molibdeno. Es un tipo de acero resistente a la corrosión, el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora que evita la corrosión del hierro contenido en la aleación. Sin embargo, esta película puede ser afectada por algunos ácidos dando lugar a un ataque y oxidación del hierro por mecanismos ínter granulares o picaduras generalizadas.¹⁷

¹⁵ Descripción disponible en <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-iman.html>

¹⁶ Descripción disponible en <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-iman.html>

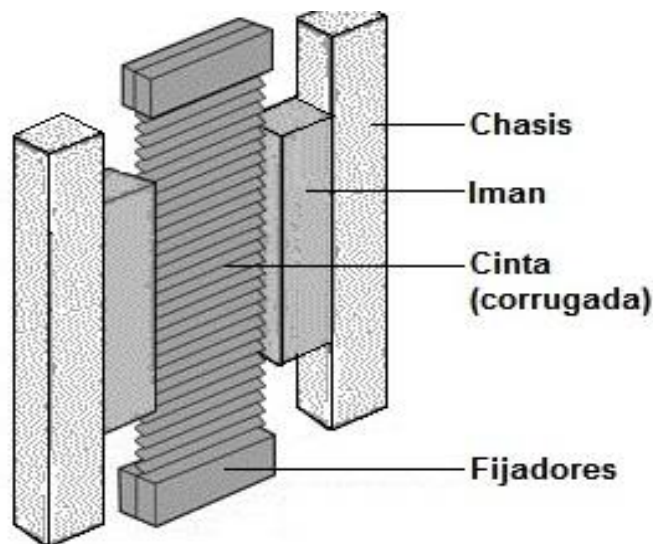
¹⁷ Descripción disponible en upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3319/4/55868-4.pdf

5 DESARROLLO INGENIERIL

5.1 Diseño del transductor de cinta

La estructura del transductor de cinta lo componen varios parámetro, estos son el chasis, el imán, la cinta y los fijadores; Este consiste en una cinta corrugada suspendida dentro de un campo magnético generado por los imanes, de modo que el movimiento de la cinta genera señal eléctrica en sus dos extremos¹⁸. El diseño de la cinta tiene un espesor de 2,5 micras, de ancho 0,47c.m, y su frecuencia de resonancia es de 12 Hz (aproximado).¹⁹

Figura 5.0 Estructura de un transductor de cinta



Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Diseño del chasis

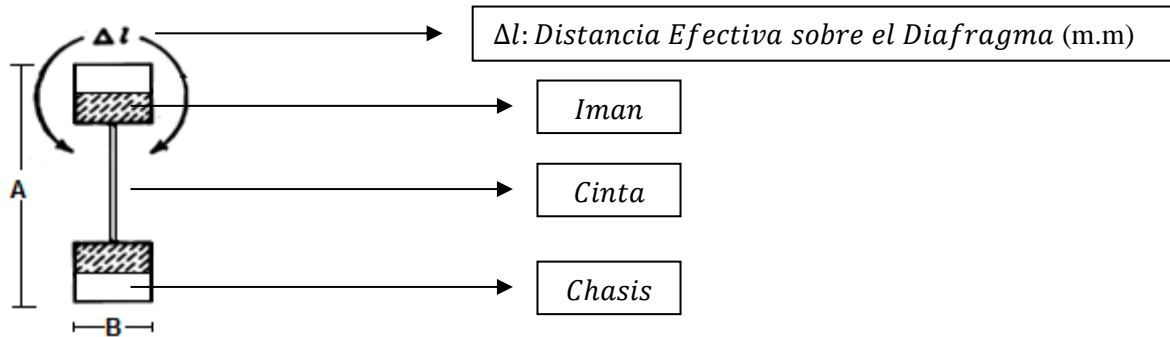
El diseño del chasis en el transductor, determinara la extensión de la respuesta en frecuencia en el micrófono de cinta, este determinado por la distancia efectiva (Δl) entre las dos caras del diafragma²⁰ y el punto de fase (180°) de la onda en el transductor; la Δl va desde la parte trasera hasta la parte frontal de la cinta, su perímetro es todo el transductor (chasis, imán y cinta).

¹⁸ OLSON, Harry. Elements of Acoustical Engineering. New York, Editorial 1940, pág. 194.

¹⁹ OLSON, Harry. A history of higt quality studio microphones. En AES Convention 55th, October 29 – November 1, 1976. Pág 8.

²⁰ EARGLE John, The microphone book, Second edition, 2005, pág. 54.

Figura 5.1 Distancia efectiva del transductor. Relacion de (A:B) es (1:3) aprox.



Fuente: Elaboración propia.

$$\Delta l = \frac{A + B}{2} : (mm) \quad \text{Ec. (5.0)}$$

Para determinar este cálculo de las medidas del diseño en el chasis se debe analizar el comportamiento de la onda; analizando la respuesta en frecuencia del sistema esta sigue siendo plana hasta llegar al punto de fase (180°, la mitad de la longitud de onda), al llegar a este punto, comienza decaer 3dB por octava.

En este análisis se debe tener en cuenta el principio de frecuencias altas roll – off (Punto de Corte de la curva de Frecuencia).

El punto Roll – Off de inicio en el sistema de transducción (**A**), lo calcularemos para que se encuentre en rango de (12Khz – 13Khz); Este mismo punto empezará a actuar en el desplazamiento de fase en 180° (1/2 de longitud de onda)

$$A = f * \frac{1}{2} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

$$f = \frac{12000}{(\frac{1}{2})} = 24000Hz \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Donde:

F: Frecuencia de terminación de la trayectoria en la longitud de onda de la distancia efectiva (Δl) del transductor.

Obtenido esta frecuencia como resultado, calculamos la longitud de la onda para determina el cálculo de la distancia efectiva en el transductor esta debe ser convertida a (m.m) debido a que el transductor es muy pequeño.

El cálculo es el siguiente:

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad \text{Ec. (5.3)}$$

$$\lambda = \frac{343}{24000} = 0.014 \text{ m} \quad \text{Ec. (5.4)}$$

$$\Delta l = 14,2\text{mm} \quad \text{Ec. (5.5)}$$

Logrado este resultado, lo utilizaremos en la *ecuación 5.0* y su resultado determinara la relación (A:B)=(1:3) obtenida en la *figura 5.1* y así se podrá calcular el tamaño del chasis a utilizar en el sistema de transducción.

$$\Delta l = \frac{A + B}{2} \quad \text{Ec. (5.6)}$$

$$A + B = \Delta l * 2 \quad \text{Ec. (5.7)}$$

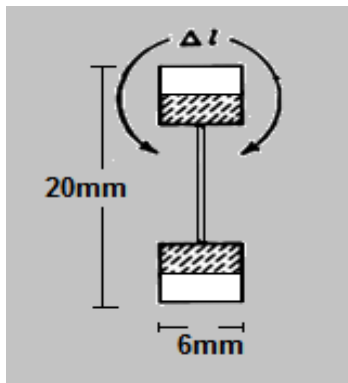
$$A + B = 14.2 * 2 = 28.2\text{mm} \quad \text{Ec. (5.8)}$$

$$A = 20\text{mm} \quad \text{Ec. (5.9)}$$

$$B = 6\text{mm} \quad \text{Ec. (5.10)}$$

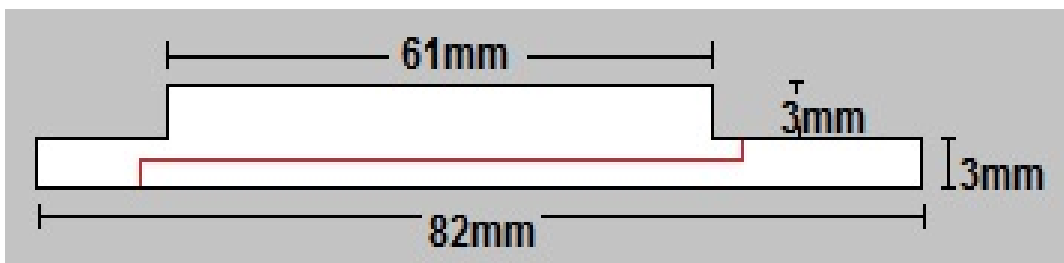
Ya logrado los datos de la relación en la distancia efectiva, se ingresan en el diseño del chasis, se debe tener en cuenta la *figura 5.1* para que haya una relación de espacio entre el chasis, el imán y la cinta, el resultado del diseño del chasis fue el siguiente:

Figura 5.2 Corte transversal del transductor del Chasis, con las medidas de la relacion.



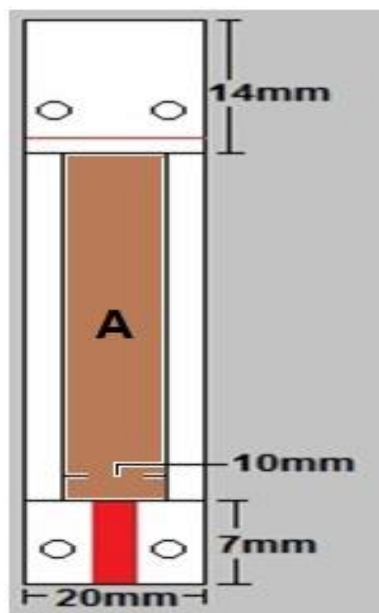
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.3 Vista lateral del Diseño del chasis con sus medidas.



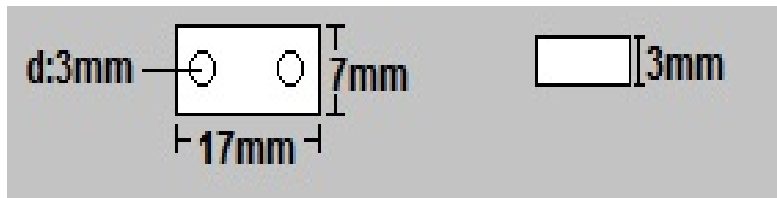
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4 Vista Frontal del Diseño del chasis con sus medidas.



Fuente: Elaboración propia.

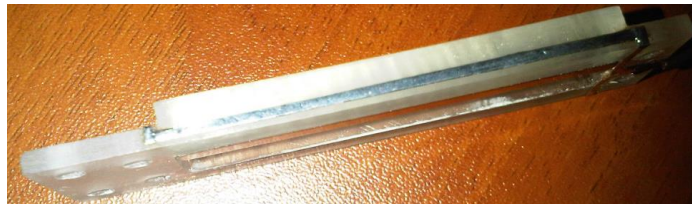
Figura 5.5 Fijadores Superior e inferior(ajustables), con sus medidas.



Fuente: Elaboración propia.

Ya diseñado el chasis (boceto) del transductor proseguimos para la construcción de este; se hizo con policarbonato debido a que es un material fácil de trabajar y de moldear, esta construcción fue elaborada a mano; las líneas rojas (Ver. figura 5.3) del chasis son unas hojas de cobre la cual lleva la conductividad de cada extremo de la cinta y los huecos en el chasis son para poder fijar la cinta en el transductor, estos se ajustaran con tornillos logrando que la cinta se mantenga suspendida desde la parte inferior y superior del chasis. La zona A marcada en la figura 5.4, es donde va ir la cinta y los imanes; El resultado del chasis fue el siguiente

Figura 5.6 Vista lateral del Diseño del chasis.



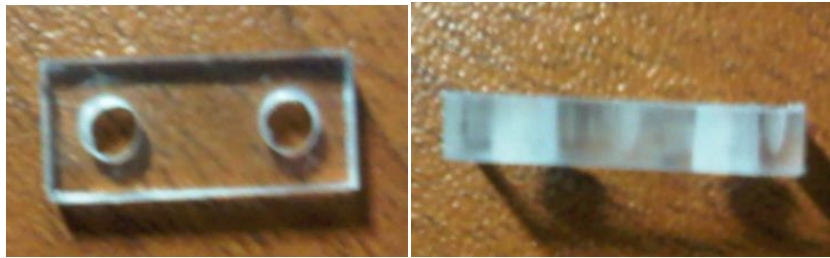
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.7 Vista Frontal del Diseño del chasis, mostrando un iman en la Zona A.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.8 Fijadores de la cinta , Superior e Inferior (ajustables).



Fuente: Elaboración propia.

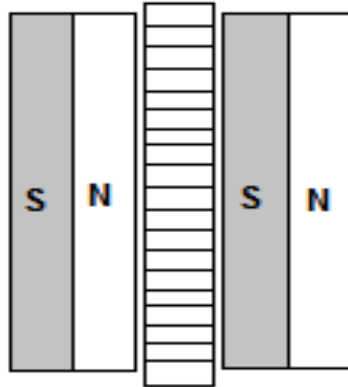
5.1.2 Implementación de los imanes

El imán es uno de los parámetros para que exista el nivel de voltaje de salida en el transductor del micrófono de cinta, estos deben estar en atracción y así poder generar el campo magnético, logrando que en los extremos de la cinta se genere una tensión.

El tipo de imán a utilizar va ser de neodimio N42²¹, estos son de tipo $Nd_2Fe_{14}B$, de gran intensidad de campo, pero para el diseño el dato más importante es BGHmax el cual es medido en gauss, este valor esta en el rango de (11000 a 12000 Gauss), debido que su densidad de flujo en el sistema está en el rangos de (0,5 – 1 Tesla) (Earge, 2005)

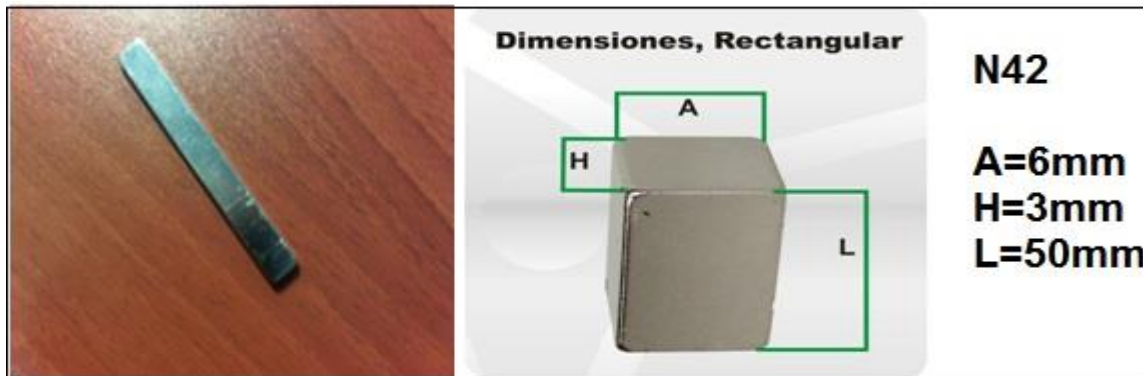
²¹ Numero de Grado del imán de neodimio, su medición se da en Gauss.

Figura 5.9 Diagrama de la colocación de los imanes en el chasis para generar un campo magnético (se deben de atraer).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.10 Foto del imán que se va utilizar, con sus respectivas medidas.



Fuente: Elaboración propia y

http://dimetales.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=113:neodymium-rectangular&catid=34

Para la fijación de los imanes al transductor en el chasis, se utilizó epóxidos sintéticos, los cuales son dos componentes (resina y endurecedor); que al mezclarse tiene una excelente adherencia, en esta parte se tuvo mucho cuidado ya que los dos imanes tienen una atracción muy fuerte; Para iniciar el proceso de la fijación primero se pega un imán y después el siguiente se debe colocar un separador entre el medio de los imanes logrando la forma debida de la fijación de los imanes al chasis.

Figura 5.11 Establecido el primer iman en el chasis



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.12 Pegados los dos imanes, y separador entre medio de los dos para lograr la fijación en el chasis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.13 Transductor en la fase final con los imanes ya fijados en el chasis



Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Fijación de la cinta

En la cinta es donde se empieza a inducir la señal eléctrica real, por lo cual puede determinar el sonido del micrófono de cinta; Para dar máxima eficacia el material utilizado para la cinta debe combinar baja resistividad de baja densidad y para este propósito se utiliza el aluminio²². Su grosor recomendable es de 2,5 micrones²³, las dimensiones a utilizar se establecen por el espacio que se deja entre los imanes; Para que este diafragma genere una fluctuación de tensión la cinta debe estar corrugada, la cual la tensión de circuito abierto es directamente proporcional a la velocidad de partícula perpendiculares al plano de la cinta ²⁴

Para el corte de la cinta se debe tener mucho cuidado debido a que esta es muy delgada y fácil de dañar, estos fueron los pasos a seguir para la colocación de esta en el transductor.

Figura 5.14 Corte de la cinta , ancho de 4(m.m)



Fuente: Elaboración propia

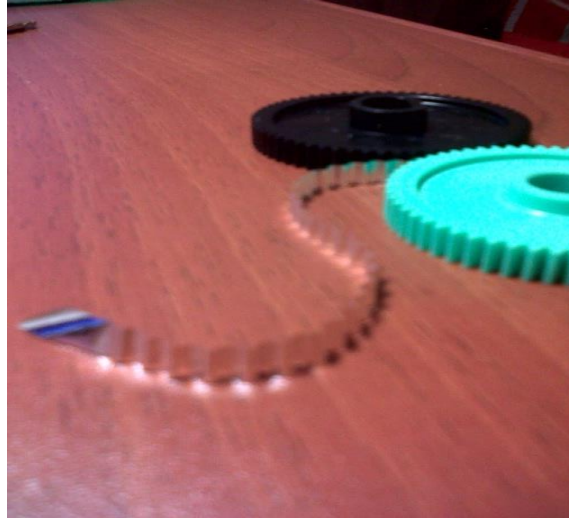
Para lograr la corrugación de la cinta se necesitaron dos engranajes de plástico de 3,4 cm de Diámetro con 60 dientes, estas dos ruedas dentadas con un movimiento circular logran el objetivo de corrugar la cinta, el proceso se hace a mano y con mucho cuidado debido a lo frágil de la cinta.

²² Harwood, Shorter, The design of a ribbon type pressure-gradient microphone for broadcast transmission, engineering division Monograph BBC, 1955. Pág 9.

²³ Beranek Leo, Acoustic, 1952, McGraw Hill. Pág 189.

²⁴ Beranek Leo, Acoustic, 1952 ,McGraw Hill, pág 188.

Figura 5.15 Corrugacion de la cinta



Fuente: Elaboración propia

Para la fijación de la cinta al transductor se utilizaron los fijadores diseñados, los cuales harán el trabajo de tensionar la cinta en el chasis del transductor, la tensión correcta se logra ajustando los tornillos de los fijadores esta puede variar de que tan fuerte se ponen los tornillos. Para la medición de la tensión de salida del transductor se utiliza un multímetro en cada extremo, este resultado dio en un rango de (0,2 – 0,3 Ohm).

Figura 5.16 Diseño final del Transductor



Fuente: Elaboración propia

5.2 Implementación y Diseño del transformador de impedancias

La salida del nivel de señal del transductor nos dio 100microvoltios (.1mV) aprox, debido a una señal tan baja, se debe aumentar mediante un transformador de impedancias. Generalmente e históricamente la relación de la cinta con el transformador es 1:37. Es decir que la pequeña señal salida de la cinta es amplificada 37 veces más. Este valor obtenido se encuentra en óptimo balance entre nivel de salida y la señal de impedancia.

Para determinar esa relación en el transformador de impedancia (1:37), debemos saber que la impedancia de salida del transductor está en un rango de (0,2 – 0,3 ohms), y la relación de impedancia entre las dos bobinas es igual a la relación de vueltas al cuadrado, esto nos daría una impedancia de salida del transformador esta en un rango de (273 - 410 ohms), obteniendo un micrófono de baja impedancia. La señal de salida, se deriva de dos parámetros fundamentales. Son la masa de la cinta y la fuerza del campo magnético, es decir que esta señal aumenta en proporción inversa a la masa de la cinta y en proporción directa a la fuerza del campo magnético; entre más ligera la cinta se logra un nivel de señal más alto, por esta razón se utiliza el aluminio por que tiene una densidad muy baja (2698. 4 Kg/m³) , para utilizar el debido grosor de la cinta debemos tener en cuenta que entre mucho más delgada se puede partir con facilidad, un grosor utilizado fue de 2,5 micras ya que proporciona mejor manejo y mas fortaleza, y si se utiliza más gruesas como 4,5 micras no proporcionarían mayor sensibilidad y el sonido saliente va hacer muy ahogado.

El segundo parámetro es el campo magnético generado por los dos imanes este mejora en proporción a los imanes utilizados, si se usa el doble de grande obtendremos el doble de campo magnético.

$$e \approx Bl\dot{x} \qquad \text{Ec. (5.10)}$$

Donde:

e: Nivel de voltaje de salida

B: Flujo del Campo magnetico

l: longitud de la cinta

ẋ: Velocidad de la cinta

5.2.1 Diseño del transformador de impedancia.

La relación que se va dar al transformador es de 1:37, esto determina el número de espira del embobinado primario y secundario; con la relación de la impedancia y del número de espiras, sabremos que impedancia de salida se va lograr en el transformador y está dada por esta fórmula:

$$\left(Z_1/Z_2 \right) = \left(N_1/N_2 \right)^2 \quad \text{Ec. (5.11)}$$

Donde:

Z_1 : Impedancia de entrada

Z_2 : Impedancia de salida

N_1 : Relacion del primer embobinado

N_2 : Relacion del segundo embobinado

Como ya sabemos el dato de de Z_1, N_1, N_2 , Calculamos Z_2 .

$$\left(0,2\Omega/Z_2 \right) = (1/37)^2 \quad \text{Ec. (5.12)}$$

$$\left(0,2/Z_2 \right) = 7,30^{-4} \quad \text{Ec. (5.13)}$$

$$Z_2 = 273.8 \Omega \quad \text{Ec. (5.14)}$$

Ahora debemos obtener el nivel de voltaje de salida y se obtiene a partir de la relación de voltajes y del número de espiras, se logra de esta manera:

$$\left(V_1/V_2 \right) = \left(N_1/N_2 \right) \quad \text{Ec. (5.15)}$$

Donde:

V_1 : Voltaje de entrada

V_2 : Voltaje de salida

N_1 : Relacion del primer embobinado

N_2 : Relacion del segundo embobinado

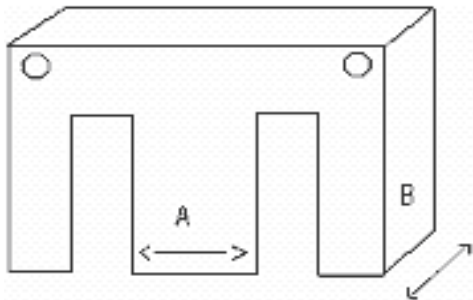
Como ya sabemos el dato de de V_1, N_1, N_2 , Calculamos V_2 .

$$\left(0,10 \text{ mV} / V_2\right) = (1/37) \quad \text{Ec. (5.16)}$$

$$V_2 = 3.7 \text{ mV} \quad \text{Ec. (5.17)}$$

En el proceso de la construcción se debe determinar el tipo de núcleo, el cual logre alta permeabilidad en el transformador y su material ferro – magnético, el más conveniente es de tipo E, sus dimensiones de diseño son las siguientes:

Figura 5.17 Area del Nucleo del transformador.



Fuente: http://imagenes.unicrom.com/nucleo_transformador.gif

Donde:

$$A = 0.6 \text{ cm} \quad \text{Ec. (5.18)}$$

$$B = 0,7 \text{ cm} \quad \text{Ec. (5.19)}$$

$$\text{Área} = A * B \quad \text{Ec. (5.20)}$$

$$\text{Área} = 0,6 * 0,7 = 0,42\text{cm}^2 \quad \text{Ec. (5.21)}$$

Con este dato logramos determinar el área del núcleo del transformador para poder sacar los resultados del número de vueltas en el primer devanado con el respectivo tamaño del cable y seguidamente el segundo devanado

Se obtiene a partir de esta ecuación:

$$N_1 = \left(\frac{V_1}{f * S * B * 4,4 * 10^{-8}} \right) \quad \text{Ec. (5.22)}$$

Donde:

N_1 = Numero de espiras en el primer embobinado

V_1 = Nivel de tension en el primer embobinado

f = es la frecuencia en el diseño de audio, se utiliza la mas baja 20Hz

S = Área del nucleo

B = Es la induccion magnetica en el núcleo elegido en 10.000 Gauss.

10^{-8} = Es una contante para que todas las variables estén en el sistema M. K. S

Calculamos N_1 y N_2 (numero de vueltas en cada bobina)

$$N_1 = \left(\frac{0,1\text{mV}}{20 * 0,48\text{m}^2 * 10000 * 4,4 * 10^{-8}} \right) \quad \text{Ec. (5.23)}$$

$$N_1 = \frac{2,73^{-3}}{0,0001} \quad \text{Ec. (5.24)}$$

$$N_1 = 23,67\text{Vueltas} \quad \text{Ec. (5.25)}$$

$$N_2 = \left(\frac{3,7\text{mV}}{20 * 0,48\text{m}^2 * 10000 * 4,4 * 10^{-8}} \right) \quad \text{Ec. (5.26)}$$

$$N_2 = \frac{0,0875}{0,0001} \quad \text{Ec. (5.27)}$$

$$N_2 = 874,9 \text{Vueltas} \quad \text{Ec. (5.28)}$$

Por último toca analizar el tipo de alambre del embobinado, este depende directamente de la intensidad de la corriente que circula por ella, el alambre a

utilizar es el cobre ya que este es mucho más dúctil, maleable y flexible. Para determinar la corriente se determina por este cálculo:

$$Corriente = \frac{Potencia}{Tension} \quad Ec. (5.29)$$

Siendo que potencia es:

$$P = (S/1.1)^2 \quad Ec. (5.30)$$

Donde:

$$S = \text{Área del nucleo} \quad Ec. (5.31)$$

$$P = (0,42cm^2/1.1)^2 \quad Ec. (5.32)$$

$$P = 0,14 W \quad Ec. (5.33)$$

Para el bobinado primario tenemos que su corriente es de:

$$I_1 = \frac{P}{V_1} \quad Ec. (5.34)$$

$$I_1 = \frac{0,14W}{0,1mV} \quad Ec. (5.35)$$

$$I_1 = 1,4mA \quad Ec. (5.36)$$

Obtenido este dato final, averiguamos el cable adecuado en la tabla AWG, este resultado nos da el valor para la construcción del transformador el resultado es:

Cable de calibre 44.

Figura 5.18 Transformador implementado en el microfono de cinta RMX-1.



Fuente: Elaboración propia

5.3 Diseño de la capsula y carcasa del micrófono de cinta.

Para este diseño se tuvo claro las necesidades de la industria moderna en el rendimiento de los Diseños de micrófonos, logrando satisfacer el mercado en la industria moderna; para determinar el material a usar debemos tener en cuenta las condiciones a que se expone el micrófono tales como, golpes, desgaste, temperaturas extremas y condiciones ambientales; las partes metálicas necesarias deben de ser de acero inoxidable²⁵

El material a utilizar es acero inoxidable tipo 304 el cual es un material de elevada pureza y resistente a la corrosión, este fue trabajado en la empresa Mecanizados y desarrollos industriales el cual utilizo una maquina con centro de control numérico, torno control numérico y centro de mecanizado.

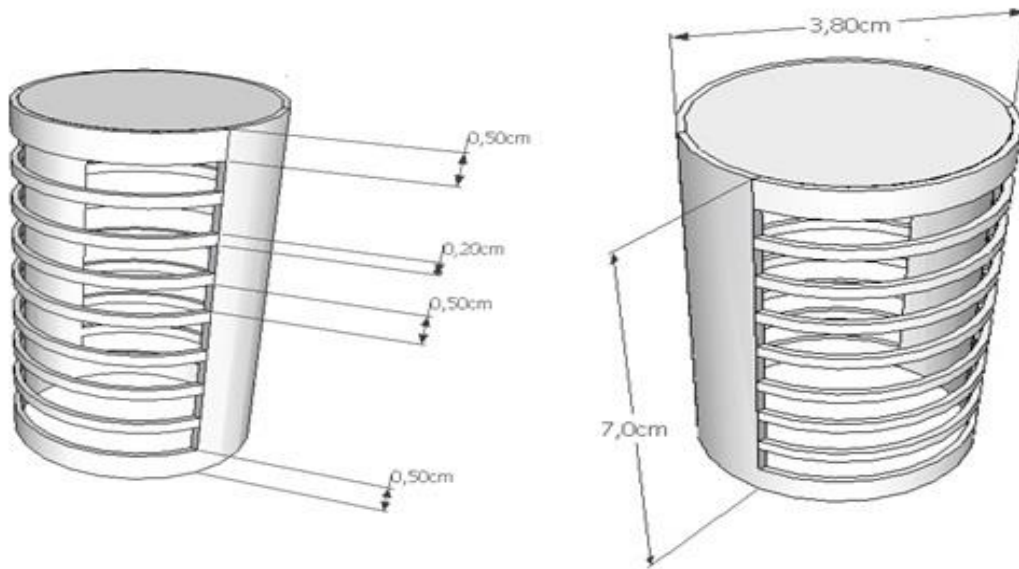
El diseño se va dividir en tres piezas los cuales serán de enroscas y son, la capsula donde va entrar la captura del sonido, la base donde podrá ir el transformador y la terminal con un conector XLR macho, por último la tercera pieza va ser la unión donde pondrán unir la capsula y la base; En este diseño se tuvo en cuenta las dimensiones del transductor para poder acoplarse a la carcasa, fue diseñado en el software Google SketchUp.

5.3.1 Diseño de la Capsula

La capsula del micrófono debe ser de gradiente de presión, el cual las dos caras del diafragma están expuestas a campo sonoro, dando como resultado un diafragma polar bidireccional o figura en 8. El diámetro a utilizar en la capsula influye directamente sobre la masa de la membrana, afectando por lo tanto en frecuencias altas, en este caso se deberá tener en cuenta que a mayor diámetro de la capsula, existirá una sobresaliente captación en frecuencias bajas.

²⁵ Dvorsky , Alexander L. Design consideration in a new industrial microphone, AES, 1969, pág 2.

Figura 5.19 Diseño de la capsula en Google SketchUp con la dimensiones.



Fuente: Elaboración propia

En el resultado de la capsula se la añadieron dos mallas para que éstas protejan al transductor de cinta, la primera malla es de hormigón de acero y la segunda de hormigón de plástico.

Su resultado fue el siguiente:

Figura 5.20 Resultado en acero inoxidable de la capsula.

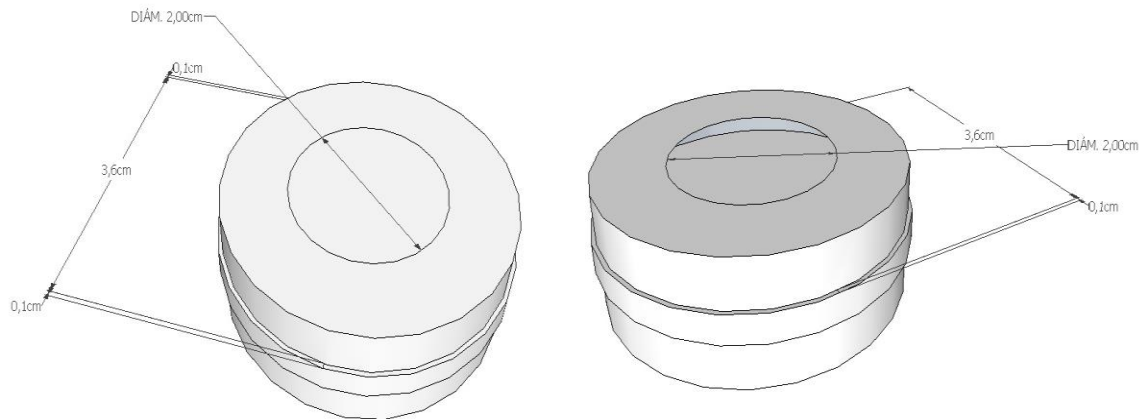


Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Diseño de la Unión

En el diseño de la unión, se podrá acoplar la capsula y la base enroscado estas entre sí; El hueco interno de la unión estará diseñado para poder encajar con la dimensión del ancho del transductor y este quedará ajustada en la unión.

Figura 5.21 Diseño de la union en Google SketchUp, con sus medidas:



Fuente: Elaboración propia

Su resultado fue:

Figura 5.22 Resultado en acero inoxidable de la union y encajando el transductor

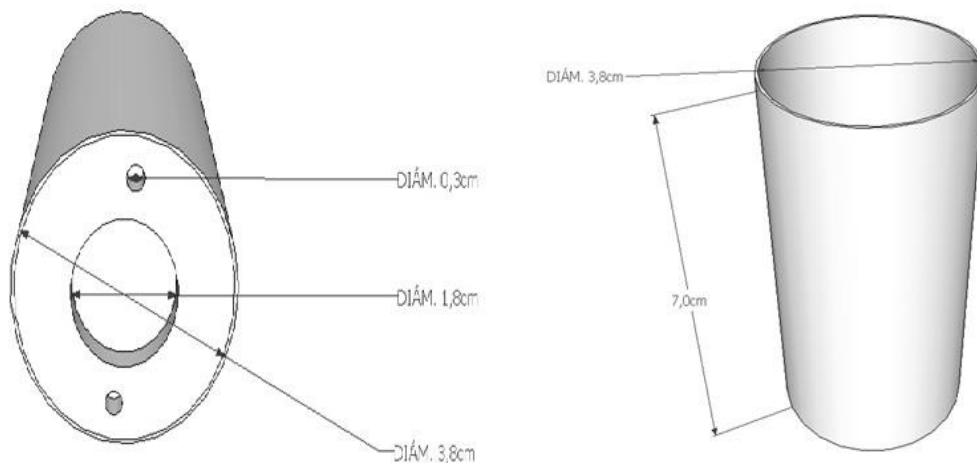


Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Diseño de la Base

En este diseño se tuvo en cuenta el tamaño del transformador a utilizar, también se debe tener en cuenta que en el final de la carcasa debe haber un conector XLR, macho.

Figura 5.23 Diseño de la base en Google SketchUp.



Fuente: Elaboración propia

Su resultado fue:

Figura 5.24 Resultado en acero inoxidable de la base.



Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Resultado final

Obtenido las tres piezas y encajada con la utilidad de cada una, se prosigue a mostrar el producto terminado en su respectiva caja.

Figura 5.25 Producto Final.



Fuente: Elaboración propia

5.4 Mediciones del micrófono de cinta.

Después de ensamblar todos los componentes del micrófono, proseguimos a la medición de este, los parámetros que vamos a medir para saber las características del micrófono son la sensibilidad, respuesta en frecuencia, diagrama directivo, efecto de proximidad. Los equipos usados fueron:

- Cabina Eon 15 – Auto Potenciada
- Micrófono shure sm 58
- Consola behringer
- Multimetro
- Tarjeta de Sonido Fast Track Pro
- Sonómetro Svantek 943
- Software Adobe Audition 3.0

Debido a la inexistencia de cámara anecoica se procedió a buscar un espacio que tuviera bajos niveles de ruido de fondo y además bajos tiempos de reverberación, por lo que se concluye que el lugar más indicado para la medición fue la suite del estudio C, en el cual, para la toma de datos, se trabajo en campo directo. El ruido de fondo presente en la medición fue de 38,4 dB (A).

5.4.1 Medición de sensibilidad

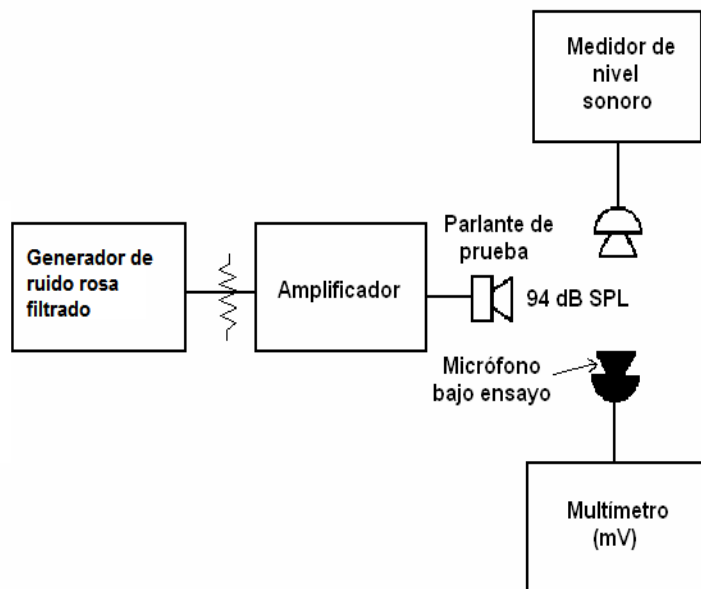
La sensibilidad de un micrófono es el nivel de salida en V(Voltios) que es capaz de producir, para una señal de entrada normalizada de presión sonora [dB SPL] y expresada en decibel. El método a utilizar es el de tensión abierta²⁶, donde $0\text{dB} = 1\text{V}/\mu\text{bar}$;

Para calibrar el sistema toca montar el circuito de la *Figura 5.25*, y se busca obtener 94 decibeles referidos a una frecuencia base de 1khz a una distancia de 1 m del micrófono a la fuente, esto corroborado por el sonómetro (medidor de nivel de presión sonora).

Después de calibrar el sistema, se usa un generador (Computador con el software adobe audition) el cual pueda generar un ruido rosa entre 250 y 5000 Hz, filtrado por octavas, se toca analizar la tensión de la salida de la consola, para esto se tomo como referencia el micrófono shure sm-58 y se midió la tensión desde el

²⁶ BALLOU, Glen, Handbook for sound enginners, Primera Edicion, 1987, Indianapolis,Pág 379

Figura 5.26 Método de medición.²⁷



Fuente: Handbook for sound engineers

auxiliar de salida, lo cual midió un valor en el multímetro de 24.5m.v; En las especificaciones del micrófono se encontró que la sensibilidad era de 1.85m.V referidos a 1 Pa y 94 dB, por lo que se procedió a realizar una operación matemática que relacionara estas dos cantidades y así obtener la ganancia de la consola, por lo que se aplicó la siguiente fórmula:

$$G_{consola} = 20 \log\left(\frac{V_s}{Sensibilidad\ del\ Mic.}\right) \quad Ec. (5.37)$$

Donde:

$V_s = Tension\ de\ salida\ de\ la\ consola$

Lo que dio como resultado:

$$20 \log\left(\frac{24,5mV}{1,85mV}\right) = 22,7 \quad Ec. (5.38)$$

Tomando como base este proceso, se obtiene una referencia del transcurso para determinar la sensibilidad del micrófono medido, con el valor de la ganancia de la consola y teniendo un dato de tensión medido en la salida de la consola para el

²⁷ BALLOU, Glen, Handbook for sound enginners, Primera Edicion, 1987, Indianapolis, Pág 380.

nuevo micrófono, se tiene que el voltaje de salida del micrófono de cinta nos dio 0,122mV, sometido a un nivel de presión sonora de 94 dB por lo que:

$$22,7 = 20 \log\left(0,122mV/E_0\right) \quad Ec. (5.39)$$

Donde:

$E_0 =$ Nivel de la tension del microfono

$$E_0 = 0,122mV/13,63 \quad Ec. (5.40)$$

$$E_0 = 0.009 mV \quad Ec. (5.41)$$

Luego se aplica la formula:

$$S = 20 \log(E_0) - 94 + 74 \quad Ec. (5.42)$$

Donde:

$S =$ dB referidos a 1V para una presion de 1 Dina/m²

$E_0 =$ Tension de salida a circuito abierto en volts.

$L_p =$ Nivel de la señal acustica aplicada 94dB

Distancia de medicion 1m

Lo que dio como resultado:

$$S = 20 \log(0,009) - 94 + 74 \quad Ec. (5.43)$$

$$S = -60.91 dBV/Pa \quad Ec. (5.44)$$

5.4.2 Medición de Diagrama polar

Para el siguiente análisis, se trazo una circunferencia, marcando los puntos de medición cada 30° a 1m del micrófono a la fuente *ver figura 5.27*, el sistema se calibro a 94dB a 1m de distancia y utilizando el sistema de circuito de tensión abierta (m.v); fue necesario generar tres frecuencias distintas (100, 1000 y 10000 Hz). Se toma el resultado en (mV) y se hace una relación en dB.

El resultado se puede observar detalladamente en las siguientes tablas:

Tabla 5.1 Datos por cada 30° a una frecuencia de 100Hz

Angulo	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
V(mV)	22	20,6	13,1	1	12	21,4	22,8	21,8	10,9	0,9	11,6	22,6
dB	26,8	26,3	22,3	0,0	21,6	26,6	27,2	26,8	20,7	-0,9	21,3	27,1

Tabla 5.2 Datos por cada 30° a una frecuencia de 1000Hz

Angulo	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
V(mV)	13,8	10,2	4,1	0,6	5,3	9,5	13,4	8,7	5,0	0,5	4,5	8,2
dB	22,8	20,2	12,3	-4,4	14,5	19,6	22,5	18,8	14,0	-6,0	13,1	18,3

Tabla 5.3 Datos por cada 30° a una frecuencia de 10KHz.

Angulo	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
V(mV)	1,0	1,0	0,8	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,2	0,8	1,0
dB	0,0	0,0	-1,9	-14,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	-1,9	-14,0	-1,9	0,0

Figura 5.27 Medición del Patrón polar del micrófono



Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Medición de respuesta en frecuencia

Para calcular la respuesta en frecuencia se realizó un barrido de frecuencia desde 63 Hz hasta 12000 Hz, filtrado por tercio de octava; el micrófono debe estar a una incidencia de 0° , la calibración a utilizar es el montaje de la medición que se usó en el análisis de la sensibilidad, su resultado se aprecia claramente en las siguientes tablas:

Barrido en Frecuencia incidencia normal:

Tabla 5.4.1 Datos por cada $\frac{1}{3}$ de octava con incidencia de 0°

FREQ (Hz)	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
VALOR EN (mV)	16,0	18,8	19,4	20,1	18,3	17,5	17,4	19,8	20,3	17,1	18,5	19,0
VALOR EN (dB)	29,1	32,4	33,4	32,4	32,0	28,9	29,7	31,1	28,3	28,7	28,5	28,7
0°	0,0	3,2	4,2	3,2	2,8	-0,3	0,6	1,9	-0,9	-0,5	-0,6	-0,5

Tabla 5.4.2 Datos por cada $\frac{1}{3}$ de octava con incidencia de 0°

FREQ (Hz)	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
VALOR EN (mV)	17,5	16,2	16,0	15,4	14,9	16,7	16,5	18,6	19,0	21,5	16,5	14,2	9,5
VALOR EN (dB)	29,2	30,2	29,8	29,2	28,4	30,5	31,2	31,1	31,1	30,7	31,2	31,5	27,7
0°	0,0	1,0	0,6	0,0	-0,8	1,4	2,0	1,9	1,9	1,5	2,1	2,3	-1,5

5.4.4 Medición de Máxima presión admisible

En este proceso se determina cuanto soporta el micrófono hasta llegar a valores que no produzca distorsión por sobrecarga; Este nivel máximo depende de la tensión aplicada y de su sensibilidad, se calcula de esta manera

$$P(Pa) = \frac{\text{Tension máxima mV}}{\text{sensibilidad(mv/Pa)}} \quad \text{Ec. (5.45)}$$

$$P = \frac{72,3mV}{0,9mV} = 80,3 \quad Ec. (5.46)$$

Debemos convertir en decibeles por medio de:

$$dB = 20 \log \frac{\rho}{\rho^{\circ}} \quad Ec. (5.47)$$

Donde

$$\rho^{\circ} = 0,00002Pa$$

Calculamos SPL Max.

$$dB = 20 \log \frac{80,3}{0,00002} \quad Ec. (5.48)$$

Nivel de presión acústica Max: 132,0db

5.4.5 Medición de Efecto de proximidad

En este proceso se pretende demostrar el efecto de proximidad el cual cita que los gradientes de presión aumentan en frecuencias bajas en función de la fuente con respecto a ella. Para este asunto fueron tomadas medidas a distintas distancia de la fuente en frecuencia de muy bajo rango las cuales arrojaron los siguientes datos

Tabla 5.5 Datos calculados para el efecto de proximidad en (m.V)


Distancia		1 m	50 cm	25 cm	12 cm	0cm
frecuencia	36Hz	6,1	9,9	11	40	1170
	63Hz	106,4	253,2	50	768	1030
	125Hz	43,3	144,1	340	620	1170

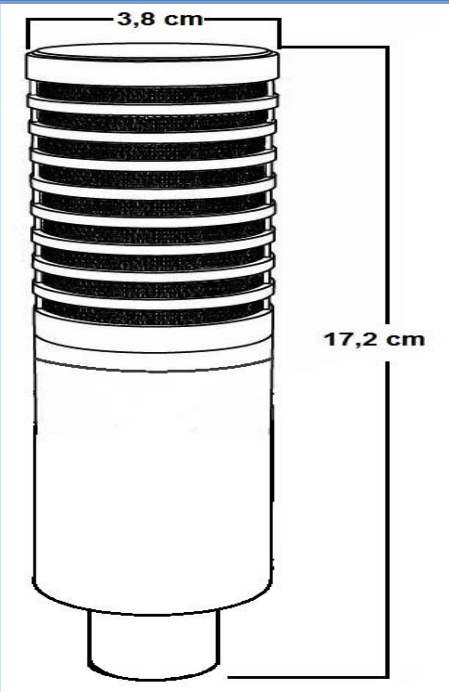
5.5 Desarrollo de la guía de usuario.

El objetivo es crear una guía de usuario, el cual pueda proporcionar una información al consumidor de las características acústica y eléctricas del micrófono para que ellos puedan tener la idea de cómo se comporta el producto, también se muestra un logotipo para que pueda identificarse en el mercado.

Figura 5.28 Guía de Usuario, para el micrófono.

Guía de Usuario

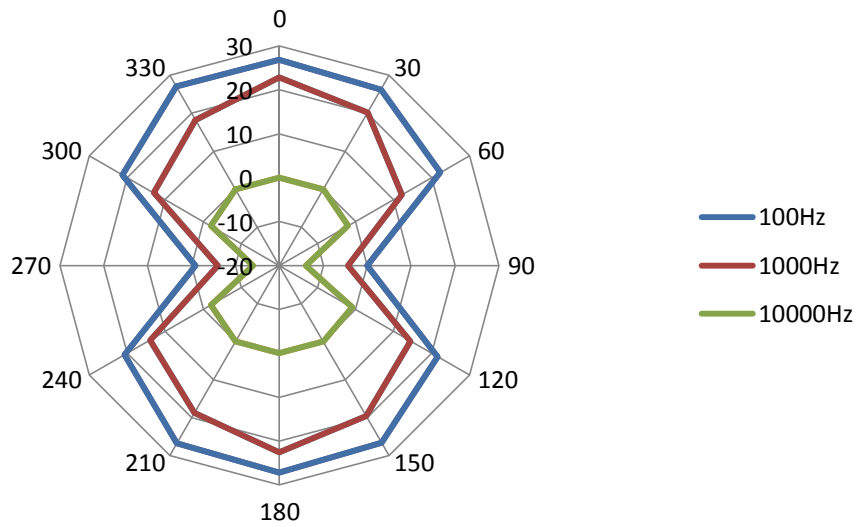




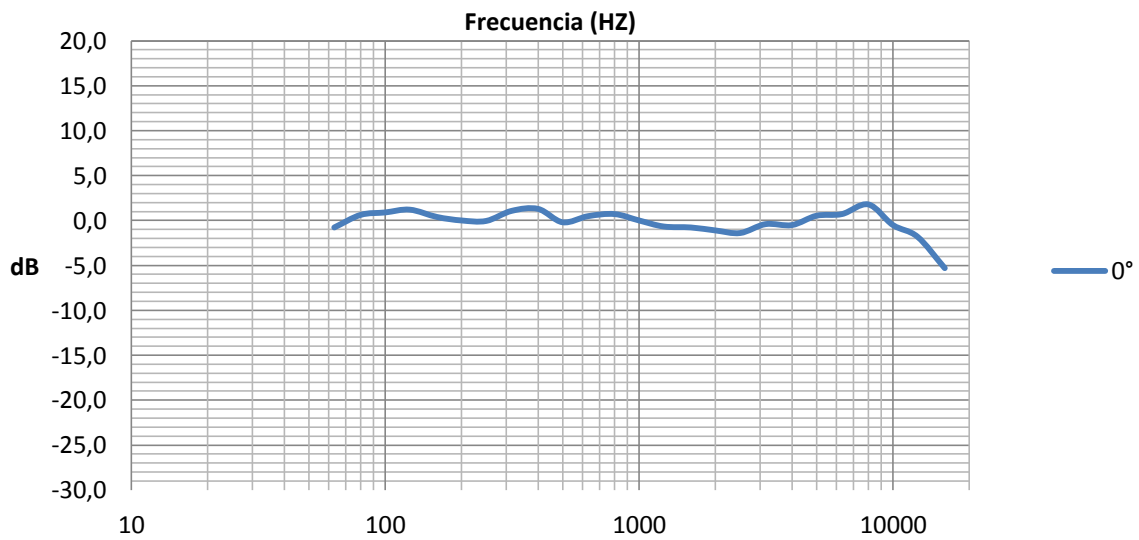
El JM10, es un micrófono de cinta bidireccional con su calidad de sonido cálido, fue diseñado y ensamblado en Colombia. Este puede ser utilizado para guitarras, voces y algunos instrumentos de viento; Por ser tan delicada la cinta se recomienda utilizar pop-filter.

Tipo de transductor	Cinta de aluminio de 2,5 micras
Patrón polar	Bidireccional
Respuesta en frecuencia	30 a 15,000Hz
Impedancia de Salida	257 Ω
Sensibilidad <small>Voltaje con circuito abierto a 1Khz.</small>	-60,1 dB /Pa
Nivel de Presión Acústica	132,0 dB SPL
Carcasa	Acero Inoxidable 304
Peso	420 g

Patron Polar



RESPUESTA EN FRECUENCIA



6. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 Análisis de medición del micrófono

Los resultados provenientes de las mediciones se analizaron inicialmente para determinar las cinco características fundamentales de un micrófono las cuales son la sensibilidad, patrón polar, respuesta en frecuencia, nivel de presión máxima y efecto de proximidad; consecutivamente se hará un cuadro comparativo con dos micrófonos de cinta profesionales para determinar sus diferencias.

6.1.1 Sensibilidad del sistema

El resultado de la medición fue el siguiente:

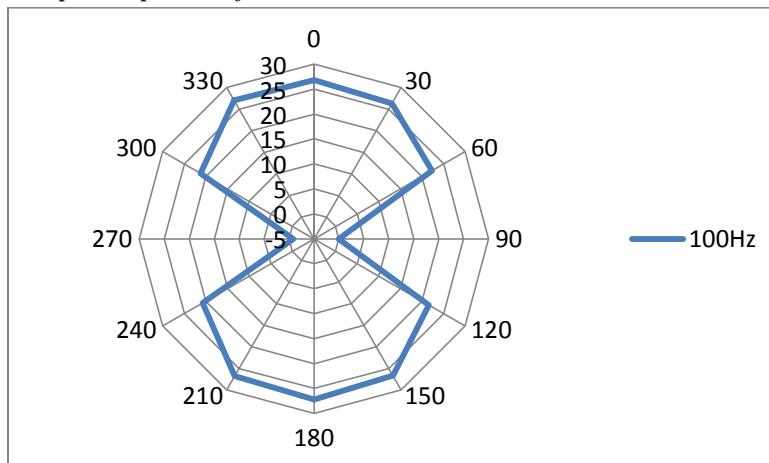
$$S = -60,1dBV/Pa \quad Ec. (6.0)$$

Este resultado obtenido nos determina la capacidad de obtener sonidos débiles y se generaliza para todo el rango de frecuencia audible. Nuestro resultado nos da medio-alto es decir que entre más negativo sea el valor de la sensibilidad, menos sensible será el micrófono; El parámetro de sensibilidad también lo podemos obtener por medio de un monograma, el cual con los datos de nivel de salida (m.v) y la impedancia del micrófono se podrá determinar la sensibilidad, mirar *Anexos*.

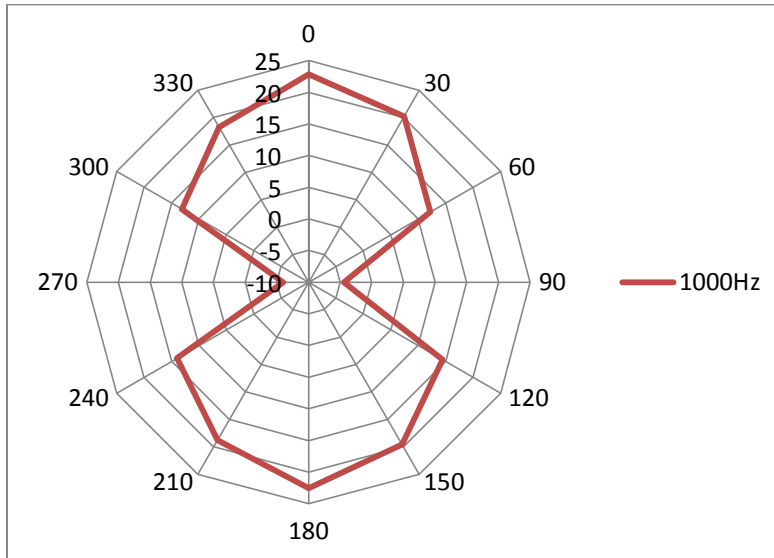
6.1.2 Análisis del Patrón polar

El resultado de la medición fue el siguiente:

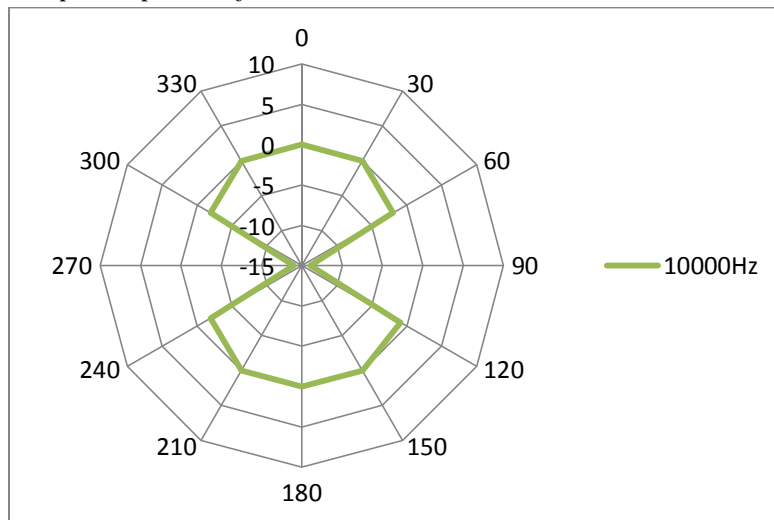
Graficas 6.0 Patrón polar, para la frecuencia de 100Hz.



Graficas 6.1 Patrón polar, para la frecuencia de 1000Hz.



Graficas 6.2 Patrón polar, para la frecuencia de 10000Hz.

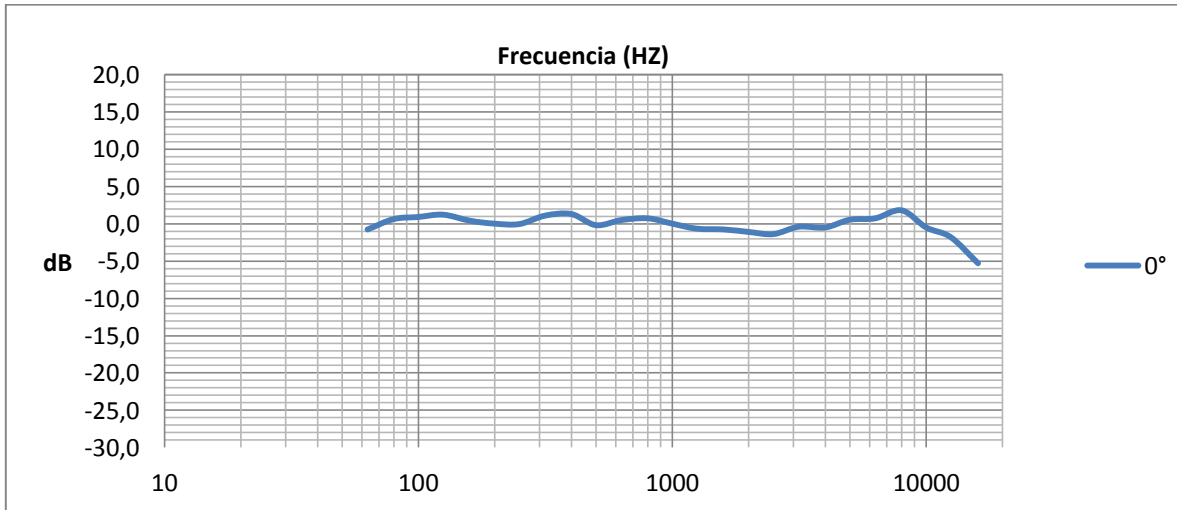


La cualidad en las tres graficas, es su comportamiento bidireccional es decir una figura en ocho, entre el análisis entre las frecuencia de 100Hz y 1000Hz hubo una diferencia entre 4dB mientras que, en la frecuencia de 10Khz hay una baja sensibilidad del micrófono dando como resulta una diferencia de 23dB; entre 90° y 270° el nivel es atenuado debido a que el micrófono es bidireccional no obstante en la frecuencia de 100 Hz entra un nivel de señal perceptible, mientras que en la frecuencia de 100Hz y 1Khz, el punto de atenuación más grande se da 60° y entre 1Khz - 10Khz se da en 0° -180°.

6.1.3 Análisis de respuesta en frecuencia

El resultado de la medición fue el siguiente:

Graficas 6.3 Respuesta en frecuencia Obtenido:



El análisis de esta respuesta lo determinó el diseño del transductor el cual está diseñado para un decaimiento de 3dB por octava desde 12KHz, su resultado es una respuesta semi plana con diferencia de 4dB no constantes entre 63Hz – 200 Hz, su comportamiento más plano es en 900Hz y 2,5Khz, ahí dos picos los cuales son 250Hz y 8Khz donde aumentan la señal en 4dB. La respuesta plana del sistema es la particularidad de los micrófonos de cinta no obstante nuestro resultado corrobora esa particularidad; En general es una respuesta agradable

6.1.4 Nivel de presión Máxima

El resultado de la medición fue el siguiente:

Nivel de presión Sonora: 132,0 db SPL

Ec. (6.1)

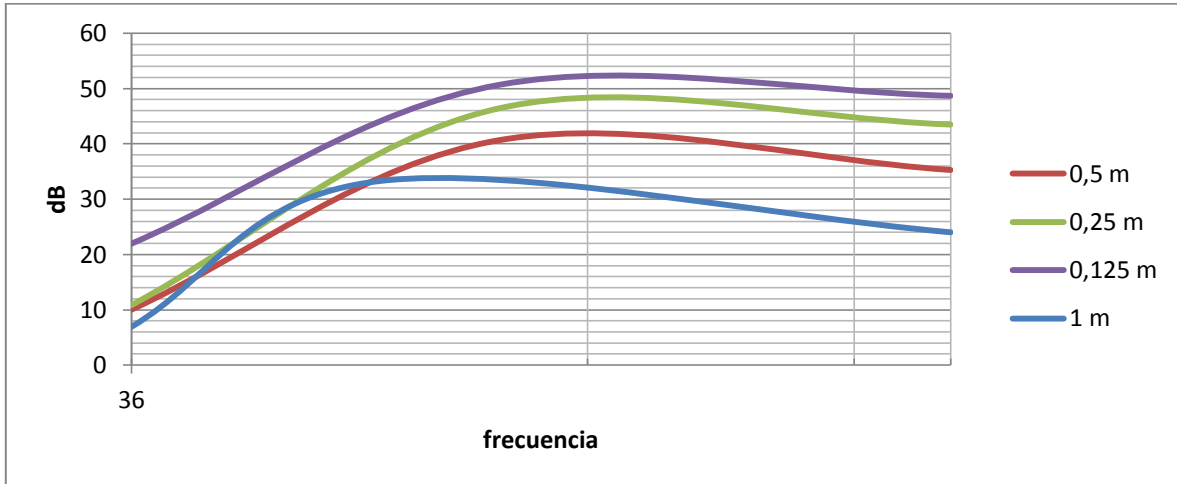
Este rango obtenido se puede admitir como aceptable debido a que el nivel máximo de la voz humana es de 95db (aprox), por el cual este valor se encuentra en un rango aceptable, teniendo en cuenta el umbral de audición del ser humano que va de 0dB hasta 140dB.

6.1.5 Análisis de Efecto de proximidad

El efecto de proximidad da un aumento de las respuestas grave, a medida que la presión acústica se acerca a la capsula, este resultado obtenido demostró que se

la presión aumento inversamente proporcional al acercamiento del micrófono a la fuente; el resultado de los datos analizados fue el siguiente:

Grafica 6.4 Efecto de proximidad Obtenido:



6.2 Cuadro Comparativo con respecto a otros micrófonos

Después de analizar todas las cualidades del micrófono, se hace un cuadro comparativo para determinar en qué rango se puede situar el micrófono con respecto a productos que son de uso profesional, los cuales se encuentran en el mercado; los micrófonos a comparar son Shure KSM-363 (Gama-alta) y MLX-R144 (gama-media).

Tabla 6.0 Cuadro comparativo # 1:

Micrófono Características	JM10	MLX – R144 (Marshall Electronics)	KSM-333 (shure)
Tipo de transductor	Cinta de aluminio de 2,5 micras	Cinta de aluminio de 1,8 micras	Cinta Roswellite® de dos voces
Respuesta de frecuencia	30 a 15,000Hz	20Hz -17,000 Hz	30 a 15,000 Hz
Impedancia de salida	257 Ω	250 Ω	330 Ω
Sensibilidad	-60 dB (0 dB=1V/Pa)	-56 dB (0 dB=1V/Pa)	-54,5 (o dBV/Pa)
Nivel de presión acústica, (SPL) máx.	132,0 dB SPL	130 dB SPL	146 dB SPL
Caja	Acero Inoxidable	Acero inoxidable	Acero fresado
Peso	420g	400g	400 g

Comparando las cualidades, podemos analizar que el micrófono shure KSM-363 tiene prestación más sobresalientes con respectó a los dos; la diferencia más apreciable se da en la sensibilidad el cual al micrófono JM10 está por debajo -5dB; esto quiere decir que es menos sensible por ende se necesita un poco mas de ganancia al utilizar el micrófono, en este parámetro influye el diseño de la cinta el cual es inversamente proporcional al nivel de salida, entre más delgada mejor será este nivel y en la comparación de las características se ve la diferencia en la cinta que se utilizo para cada uno de los micrófonos.

En los otros aspectos como la salida de impedancia en los micrófonos MXL-R144 y JM10, se mantiene el rango en comparación al KSM-363 el cual tiene mayor impedancia, esto determina el nivel de ruido en el micrófono; En el nivel de presión sonora el micrófono KSM.-363 resulta más eficiente en comparación a los otros dos.

Tabla 6.1 Cuadro comparativo # 2:

Características Micrófono	RESPUESTA EN FRECUENCIA
JM10	
MLX – 144 (Marshall Electronics)	
KSM-333 (shure)	

El balance que se hace en la respuesta en frecuencia de los tres micrófonos, es que se mantuvo un promedio de variación de ± 3 dB, también se puede observar que hay un rango más grande de respuesta plana en el micrófono KSM-363 a diferencia de los otros dos, y el micrófono MXL-R144 tiene mayor variación ± 4 dB, entre 300Hz y 900Hz.

En general la comparación da un análisis objetivo a partir de datos específicos que tienen sus guías de usuario; innegablemente se puede decir que micrófono KSM-363 se encuentra superior a los otros dos micrófonos, no obstante el JM10 se pueda calificar como un micrófono de gama-media ya que sus resultados no se alejan a los productos del mercado.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- La sensibilidad obtenida del micrófono es de (-60,1 dB); este resultado es inversamente proporcional al grosor de la cinta utilizada en el transductor el cual fue de 2,5 Micras y se encuentra en un valor medio; concluyendo que el micrófono necesitara mas ganancia en la consola para la utilización.
- La respuesta en frecuencia obtenida (30-15Khz) cumple los rangos de las variaciones (± 3 dB) en los productos del mercado.
- Con el resultado de la respuesta en frecuencia del micrófono de cinta, puede ser usado para fuentes que tienden a ser estridentes en las frecuencias altas como platos y metales. Esto se debe a que su respuesta es "limitada" en las frecuencias por encima de 12 KHz, suavizando dichas frecuencias.
- El diseño de la carcasa del micrófono cumple con el diagrama polar de un micrófono bidireccional y en consecuencia funciona como soporte y protector de las partes internas, sin necesidad de cambiar la característica del patrón polar.
- El nivel de ruido existente en las mediciones del sistema, al ser inferior de 35dB, no presenta interrupciones o inconvenientes en la medición y no tuvo influencia en los resultados
- Utilizando el método de circuito-abierto para la medición de la sensibilidad del micrófono, se puede con facilidad mirar el rendimiento para cualquier condición de carga, a diferencia de los otros métodos como Máxima potencia de salida ($0\text{dB} = 1\text{mW}/10\mu\text{Bar}$); el cual tiene mayor complejidad en la obtención de los resultados.
- La guía de usuario desarrollada en el proyecto dará la información técnica del micrófono de cinta, logrando que el usuario se percate de las cualidades del micrófono y su finalidad de uso.

7.2 Recomendaciones

- Al momento de fijar la cinta en el chasis se debe tener en cuenta que el espacio de aire que queda entre la cinta y el imán debe de ser lo más pequeño posible; este resultado logra un micrófono bien diseñado.²⁸
- Al escoger el tipo de material para la malla que se va a utilizar en la capsula, esta debe ser de tipo metálico con el fin se compensar las perdida en frecuencias bajas²⁹

²⁸ BERANEK, Leo. Acústica. 2 ed. Argentina: Hispano, 1969. P190.

²⁹ EARGLE, John. The microphone Book. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2005. P56.

BIBLIOGRAFÍA

ABEL, Jonathan; MOSES, Daniel. Dynamic motion of the corrugated ribbon in a ribbon microphone. En: Audio Engineering society, Convention 129°, (Noviembre, 2010), p 2 – 10.

BALLOU, Glen. Handbook for sound engineers: The new audio cyclopedia. 1 ed. Indianapolis: Howard W. Sams & Co, 1987. 1266p.

BARTLETT, Bruce. Microphones: Small is beautiful. En: Audio Engineering society, Convention 81°, (November, 1986), p 1 – 13.

BERANEK, Leo. Acústica. 2 ed. Argentina: Hispano, 1969. 481p.

CLARK, Mark. Audio Technology in the United States to 1943 and its relationship to magnetic recording. En: Audio Engineering society, Convention 94°, (March, 1993), p 1 – 16.

COHAN, Mr. Graeme. Microphones: Small is beautiful. En: Audio Engineering society, 4° Regional convention, (August, 1993), p 1 – 5.

DAVID, Julian. Analysis of the interaction between ribbon motor, transformer, and preamplifier and its application in ribbon microphone design. En: Audio Engineering society, Convention 128°, (Mayo, 2010), p 2 – 18.

DVORSKY, Alexander. Design considerations in a new industrial microphone. En: Audio Engineering society, Convention 14°, (October, 1962), p 1 – 13.

EARGLE, John. The microphone Book. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2005. 377p.

EVENSON, Roderick J. Audio amplifiers with tailored output impedances. En: Audio Engineering society, Convention 85°, (November, 1988), p 1 – 9.

FAUSTINO M. DÍEZ. “Higiene industrial: manual para la formación del especialista” 4 edición pág. 288

GILBERTO ENRIQUEZ HARPER “Fundamentos de electricidad” Volumen 2.
Capitulo # 1.

H. HABERLE “Electrónica de telecomunicaciones” Tomo III 4 pág. 16

HAUSMAN, Carl. PHILIP, Benoit. “Producción en la radio moderna”. 5 ed. Mexico
D.F: Tomas Learnig, 2001. 411p

MADSEN, E. R. The application of velocity microphones to stereophonic
Recording. En: Journal of the audio engineering society, Volume 5, Number 2,
(April, 1957); p. 79 – 85.

NEUMAN, Georg. Audio Technology in Berlin to 1943: Microphones. En: Audio
Engineering society, Convention 81°, (March, 1993), p 1 – 10.

OLSON, Harry F, Elements of acoustical Engineering. 1 ed. New York: Van
Nostrand Company, 1940. 368p.

OLSON, Harry F. A History of High-Quality studio Microphones. En: Journal of the
audio engineering society, Volume 24, Number 10, (December, 1976); p. 798 –
807.

OLSON, Harry F. Calibration of Microphones by the principles of similarity and
reciprocity. RCA Review 6, N°1 (1941).

OLSON, Harry F. Ribbon Velocity Microphone. En: Journal of the audio
engineering society, Volume 18, Number 2, (June, 1970); p. 263 – 268.

SANK, Jon R. Microphones. En: Journal of the audio engineering society, Volume
333, Number 7/8, (July/August, 1985); p. 514 – 547.

SCHULEIN, R; SEELER, F; SMITH, D. Applications and design considerations for
a high quality unidirectional line level microphone. En: Audio Engineering society,
Convention 49°, (September, 1974), p 1 – 16.

SHOTER, D; HARWOOD, H. The design of a ribbon type pressure-gradient microphone for broadcast transmission. 1955, 22p. Monograph British broadcasting corporation, engineering division.

SOUTHER, Howard T. An adventure in microphone design. En: Journal of the audio engineering society, Volume 1, Number 2, (April, 1953); p 180 – 185.

STREICHER, Ron; DOOLEY Wee. Coles 4038 Studio ribbon microphone user's guide, En: Audio Engineering associates, (November, 1997); p. 1 – 13.

TABUCHI, Shunichi, The development and design of a flat diaphragm, printed ribbon microphone capsule. En: Audio Engineering society, Convention 72°, (October, 1982), p 1 – 38.

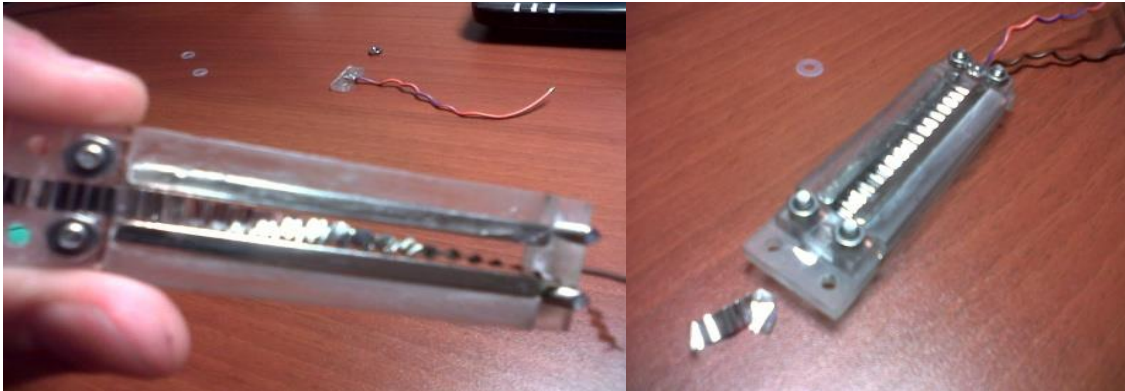
WERNER, Richard E. On Electrical Loading of Microphone. En: Journal of the audio engineering society, Volume 3, Number 4, (October, 1955); p 194 – 197.

WILLETT, John. The symmetrical microphone capsule and the quest for the perfect "Acoustic Window". En: AES UK Conference.

ANEXOS

Fotos de construcción, montaje y medición del micrófono.

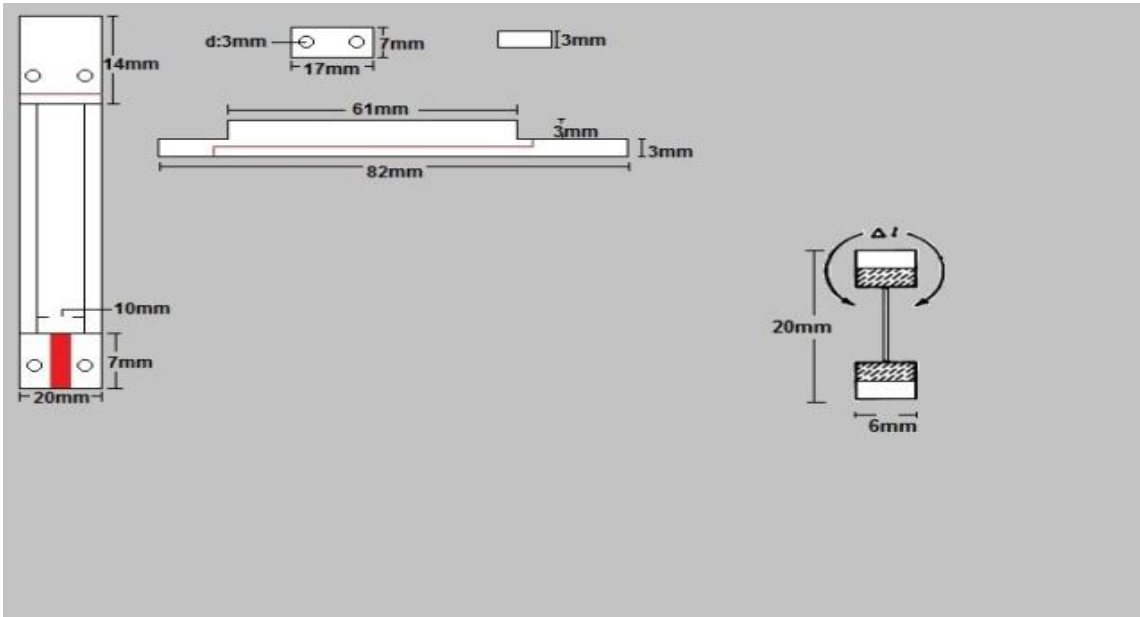
Fuente: Elaboración Propia



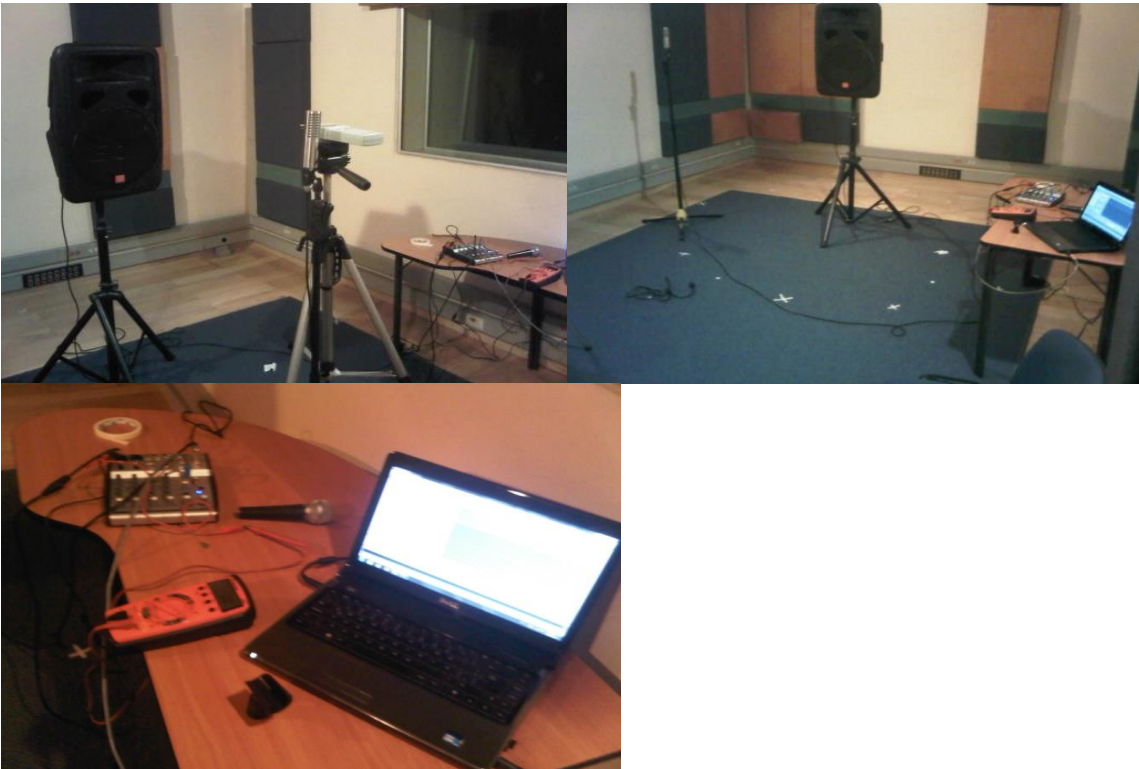
Fuente: Elaboración Propia



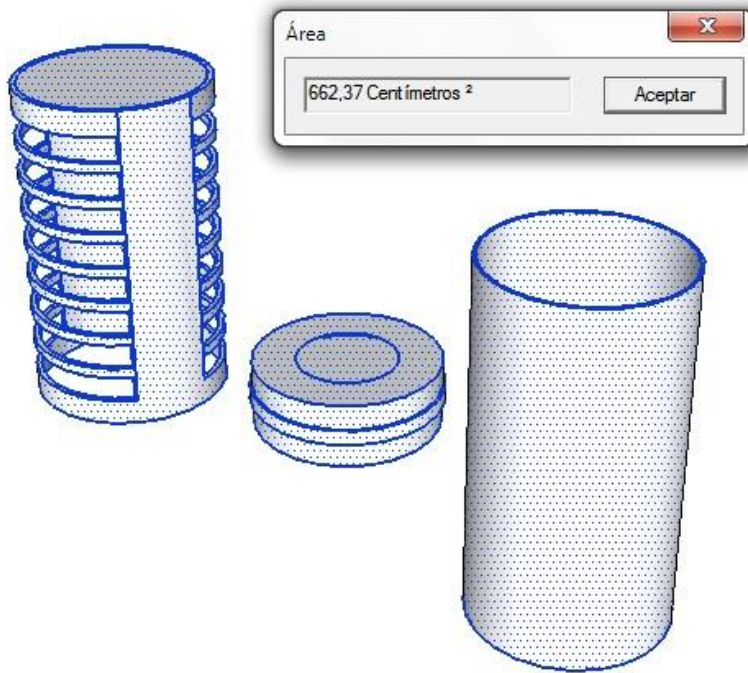
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia