



**Universidad Austral de Chile**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Acústica**

Profesor Patrocinante:  
Sr. Jorge Cárdenas M.  
Ingeniero Acústico.

**“ESTUDIO EMPÍRICO SOBRE LOS EFECTOS DEL  
VIENTO EN MICRÓFONOS UNIDIRECCIONALES”**

**Tesis para optar al grado de:  
Licenciado en Acústica  
Y al Título Profesional de:  
Ingeniero Acústico**

**DIEGO ALONSO VICENTE SÁEZ TRUMPER**  
**Valdivia – Chile**  
**2006**

## *Agradecimientos*

*Quiero aprovechar este espacio para agradecer a todos aquellos que han contribuido hasta la fecha con mi carrera académica y profesional.*

*Particularmente quiero agradecer a mis Padres por su incondicional apoyo moral, material y docente. Por la excelente educación que me han dado, más allá de los libros.*

*También deseo agradecer a mi hermana, por su metódica ayuda y preocupación. Agradezco también a Valentina, por su compañía, cariño y apoyo durante todos estos años.*

*A mis compañeros de carrera que siempre estuvieron disponibles, para compartir un apunte o la solución de un ejercicio. Sobre todo a aquellos con quienes pasé largos tramos de estudio, particularmente a mi amigo Francisco Toledo, sin su ayuda me hubiese sido imposible compatibilizar mis estudios con mi vida extra-académica.*

*Al Sr. Paul Landon y su equipo,- por haber confiado en mí y por su apasionada forma de trabajar que constituye una inspiración para mí (el viento que conocí en Tierra del Fuego fue de gran ayuda para esta tesis). A Víctor Romeo, y a todo el Personal de Ing. En Control Acústico, por todo el saber práctico que me han entregado.*

*Al personal administrativo de la Universidad, y particularmente a Víctor Cumian.*

*A aquellos Profesores que me enseñaron más allá de las formalidades, profundizando en lo medular, particularmente a los Profesores J. Santamarina, y José Luis Barros. Especial mención para el profesor Jorge Cárdenas, por su ayuda y predisposición para realizar esta Tesis.*

*A todos los que creyeron en mí forma de hacer las cosas, muchas gracias.*

## Índice

Resumen	3
Summary	4
1 Introducción	5
1.1 Problema Planteado	5
1.2 Justificación	6
2 Objetivos	7
3 Marco Teórico	8
3.1 Micrófonos	8
3.2 Viento	10
4 Estado del Arte	11
5 Hipótesis	14
6 Metodología	15
6.1 Alcances	15
6.2 Equipamiento Utilizado	15
6.3 Montaje	16
6.4 Procedimiento	24
7 Resultados	28
7.1 Análisis Subjetivo	28
7.2 Análisis de Espectro	31
8 Conclusiones	44
9 Bibliografía	45
Anexo I – Gráficos	46

## **Resumen**

La grabación en exteriores posee una serie de complicaciones que limitan las herramientas a utilizar en su realización. Dentro de este escenario el viento suele transformarse en uno de los mayores problemas que debe enfrentar el Ingeniero en terreno por la dificultad para predecir las condiciones de viento y sobre todo por la incapacidad de modificar las mismas. El presente trabajo busca describir los efectos en la señal de audio causados por el viento y estudiar las variaciones del mismo a través de la utilización de los sistemas “anti-viento” (windshield) más populares en la actualidad. En este estudio se relacionan tres variables: distintas señales de entrada, diversas condiciones de viento y diferentes tipos de sistema “anti-viento” dando como resultado datos objetivos y apreciaciones subjetivas que serán útiles para hacer frente a las diversas condiciones de viento que pueden presentarse en terreno, y otorgando una mayor comprensión de los efectos del mismo, de manera de llevar a cabo debidamente el proceso de post-producción.

## **Summary**

Recording outdoors presents problems which limit the available tools to perform this job. This problem is one of the challenges that the Engineer on site must solve , not only because of the difficulty to predict wind conditions but for his lack of capacity to modify them.

The aim of this study is describe the effect in the audio signal caused by wind and to study the variation introduced to it by using the most frequently used windshield systems know a days. Different type of input signals, wind conditions, and windshield systems are studied, relating this three variables, presenting as results objective data and subjective appraisal that will be useful to develop the post production process.

## **1 Introducción.**

En los últimos años debido al auge significativo de las producciones audiovisuales en nuestro país ha aumentado progresivamente la cantidad de grabaciones de audio que deben realizarse en exteriores. Si a esto le sumamos el incipiente desarrollo del área conocida como paisaje sonoro, es fundamental estar preparados para obtener la mejor calidad de registros sonoro en exteriores. Ello representa un complejo desafío, ya que al salir fuera de los estudios se debe hacer frente a una serie de nuevos problemas, como el viento y el ruido de fondo, disponiendo de menos herramientas.

En particular, el viento es uno de los mayores problemas que se afronta al obtener un registro en exteriores. Actualmente la principal solución que existe para esto son las llamadas pantallas contra el viento o windshield las cuales tienen por objeto disminuir el ruido producido por el viento en los micrófonos.

### **1.1 Problema planteado**

Existe un problema importante y es que aún se ha estudiado muy poco las limitaciones que tienen estas pantallas, no existiendo indicaciones de las condiciones de viento en las que estas son eficaces, ni cuales son los efectos nocivos que estas pueden producir. Tampoco existen normas de medición para la respuesta de las pantallas pudiendo cada fabricante entregar las especificaciones de forma diferente. Razón por la cual no es posible comparar la información que entrega cada uno de ellos.

Realizar estudios en esta área es complejo básicamente por la dificultad que existe para generar, de forma controlada, un viento similar al “viento real”. Los principales problemas que se enfrentan son generar viento sin producir ruidos ajenos como el de motores o los emitidos por otros componentes mecánicos y por otra parte producir un viento con turbulencias similares a las que se encuentran en terreno. Sumado a esto, no existe una caracterización y clasificación de los “tipos de viento” o como le hemos llamado en este documento “las condiciones de viento”.

En bibliografía especializada en otros temas como la meteorología, la agronomía y otros se establecen clasificaciones que no son del todo útiles para nuestros propósitos.

## **1.2 Justificación**

Es necesario estudiar los efectos del viento sobre la señal de audio relacionándolos con su velocidad y los sistemas “anti viento” existentes en el mercado, para enfrentar este problema de la forma más adecuada, tanto el momento de la grabación, como en las posteriores modificaciones de la misma (post-producción).

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

- . Describir los efectos del viento sobre los micrófonos unidireccionales relacionándolo con su velocidad y los sistemas “anti viento” existentes en el mercado.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- . Establecer el rango de frecuencias donde el viento produce distorsiones del espectro.
- . Realizar apreciaciones subjetivas de los efectos del viento sobre un espectro de audio.
- . Caracterizar los protectores anti-viento (windshield), determinando su pertinencia según las condiciones de viento y el tipo de señales a grabar.

### **3. Marco Teórico**

#### **3.1 Micrófonos:**

Los micrófonos pueden ser clasificados por sus diversas características, siendo una de ellas los tipos de transductores que utilizan [1]. Dentro esto podemos diferenciar el transductor acústico-mecánico y el transductor mecánico-eléctrico. El primer transductor está relacionado con la “directividad “del micrófono y el segundo con su sensibilidad.

##### **3.1.1 Micrófonos clasificados según el transductor acústico-mecánico**

- . Micrófonos de Presión: Son aquellos en los que sólo una cara del diafragma está expuesta a la presión sonora por lo cual responden al presión incidente independientemente del ángulo desde el que provenga, lo cual los hace poseer características omnidireccionales.

- . Micrófonos de gradiente de presión: Estos micrófonos exponen ambas caras del diafragma a la onda sonora. Una cara se expone directamente a la onda incidente mientras la otra cara recibe una onda que llega desfasada ya que recorre un camino mayor el cual depende de su ángulo de incidencia. Este tipo de micrófonos permite obtener patrones bidireccionales.

- . Combinaciones de ambos principios: A partir de combinar estos transductores entre si y con otros elementos se pueden obtener directividades cardioides , hyper cardioides o de alta direccionalidad.

##### **3.1.2 Micrófonos clasificados según su transductor mecano -eléctrico:**

- . Dinámicos: El movimiento del diafragma se transmite a una bobina que genera inducción en un circuito electrónico. Estos micrófonos tienen una sensibilidad baja en comparación con los micrófonos de condensador.

. Condensador: El movimiento del diafragma está asociado a la variación de la distancia entre las dos placas de un condensador lo cual produce la señal eléctrica. Este tipo de micrófonos requieren estar polarizados por lo cual necesitan de una fuente de alimentación. Son mucho más sensibles que los micrófonos dinámicos.

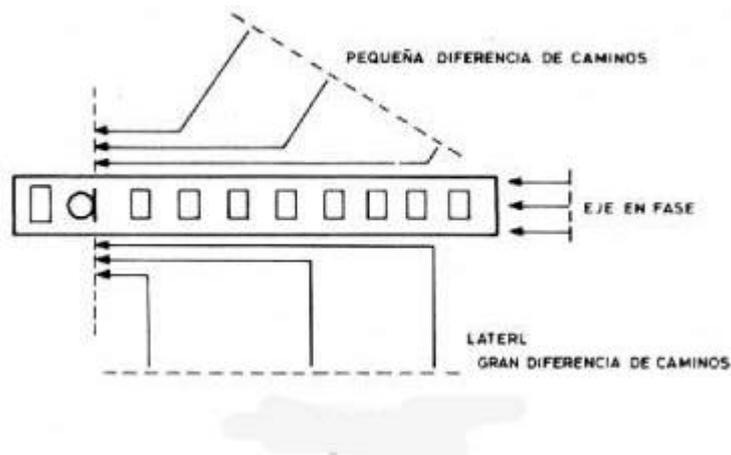
### **3.1.3 Micrófonos utilizados en producciones audiovisuales:**

En el presente estudio nos interesamos en los micrófonos más utilizados en producciones audiovisuales, particularmente en el género dramático (ficción), donde resulta fundamental que los micrófonos no aparezcan en cámara. Para ello se utilizan principalmente dos tipos: los micrófonos unidireccionales y los micrófonos omnidireccionales pequeños conocidos como “de solapa” o “lavaliers”.

#### **3.1.3.1 Micrófonos Unidireccionales o Altamente direccionales:**

Son los más utilizados en producciones audiovisuales en exteriores, ya que sus características de direccionalidad permiten disminuir los problemas generados por el ruido de fondo [2].

En particular el tipo de micrófono más utilizado es el llamado “Micrófono de Interferencia” que se construye a partir de la combinación de transductores acústico-mecánicos de “gradiente de presión” y presión y un transductor mecánico-eléctrico de condensador a lo cual se le agrega un tubo de interferencia, consiguiendo su alta directividad por el método de interferencia destructiva de las fuentes de onda laterales realizada a partir de los desfases producidos por los caminos que deben recorrer las ondas que llegan lateralmente. Como vemos en la figura siguiente, las ranuras del tubo obligan a que lleguen al micrófono rayos muy desfasados, cuando la incidencia es lateral, y rayos en fase cuando el frente de onda incide según el eje.



**Ilustración 1 Esquema de Un Microfono de Interferencia**

**Micrófonos “Lavalier”:** Son micrófonos omnidireccionales de un tamaño pequeño, que se adhieren a la ropa. Normalmente su transductor acústico-mecánico es de presión y su transductor mecánico-eléctrico puede ser de condensador o dinámico. No suelen ser utilizados en exteriores ya que sus características direccionales no son las adecuadas para ambientes ruidosos, por lo cual no los abordaremos en este estudio.

### 3.2 Viento

El viento que encontramos al aire libre, no tiene una velocidad constante por lo que en meteorología usualmente se mide la velocidad promedio durante un minuto, construyéndose escalas con estos datos. Según la escala Saffir-Simpson se considera un viento huracanado cuando este supera los 119 Km/h. A partir de esa velocidad, que corresponde a un huracán de tipo I, comienza una escala que llega a su punto máximo en el nivel V con vientos de más de 250 Km/hora. En el sur de Chile, por ejemplo en la décima región es habitual encontrar vientos de entre 40 y 60 Km/h. En un día común en la ciudad de Valdivia el viento fluctúa entre los 4 Km/h a y los 20 Km/h [3].

#### 4. Estado del Arte

Pese a lo conocido de las dificultades que causa el viento en las grabaciones en exteriores son bastante pocos los estudios que se encuentran disponibles al respecto. Como se dijo anteriormente, no existen normas para las mediciones. La literatura revisada relacionada con microfonía se limita a enunciar el problema del viento sin profundizar en el tema. Por otra parte los fabricantes de pantallas de viento entregan información reducida, para velocidades de viento constantes, normalmente muy bajas (no superan los 25 Km/h), sin especificar las condiciones de viento en las cuales la pantalla actúa correctamente. Finalmente las productoras audiovisuales acumulan algunos conocimientos empíricos que no están sistematizados.

En concreto, fueron encontrados dos estudios al respecto, realizados en 2001 por Criss Woolf [4] y por Jörg Wuttke [5] el año 1991, más completo que el señalado anteriormente. Ambos autores coinciden en la importancia del tipo de transductor acústico-mecánico utilizado, ya que en el caso de los micrófonos de presión el viento sólo se suma a la presión sonora producida por la fuente, mientras que en los micrófonos de gradiente de presión, donde la señal final es fruto de la comparación entre dos presiones, el efecto del viento turbulento provoca mayores problemas.

La Ilustración2 corresponde a un estudio realizado por Wuttke quien trabajó con vientos de 18 Km/hr. No hay datos sobre otras velocidades. Se observa que la mayor cantidad de ruido es producido en bajas frecuencias.

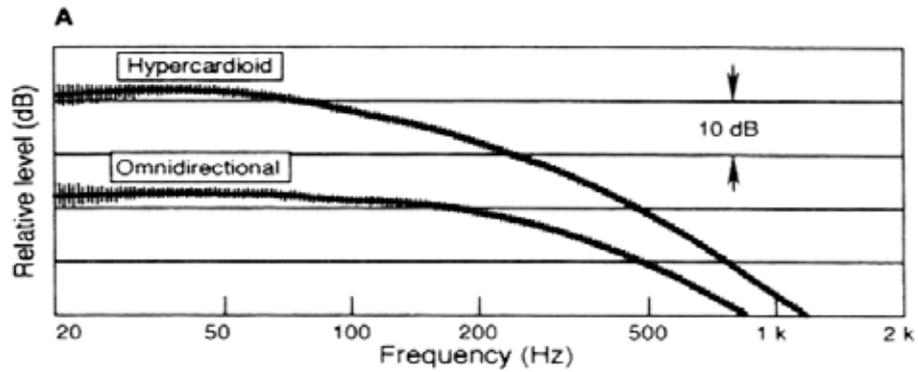


Ilustración 2 Wuttke, 1992 (The Microfono Book)

Al estudiar el efecto producido por las pantallas de viento ambos autores concluyen que la que mejor resultado entrega es la de pantalla tipo “Basket” (Windshield en la Ilustración) o Zepellin – como lo llamaremos en este trabajo- por sobre las espumas. Concluyen también que al cubrir el protector de viento con un “Windjammer” (llamado comúnmente “Peluche”), el resultado es aún mejor, como se ve en la Ilustración 3.

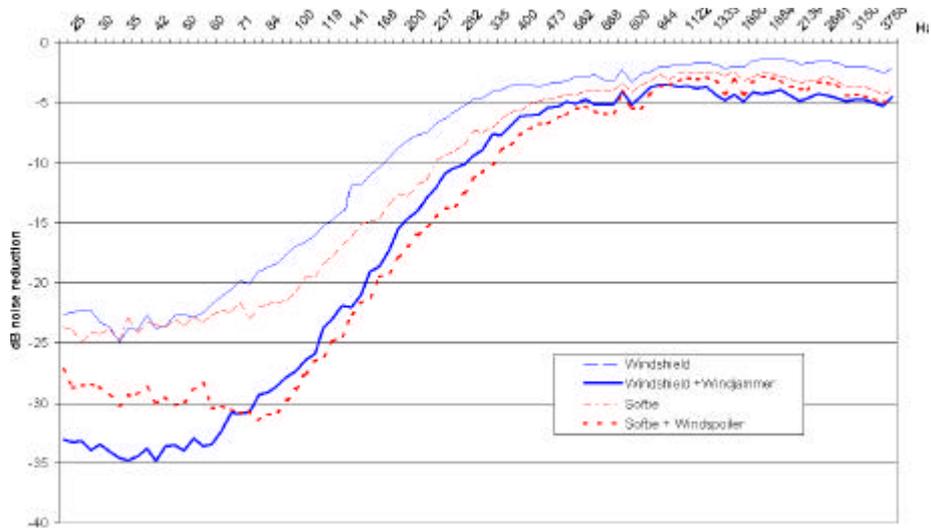
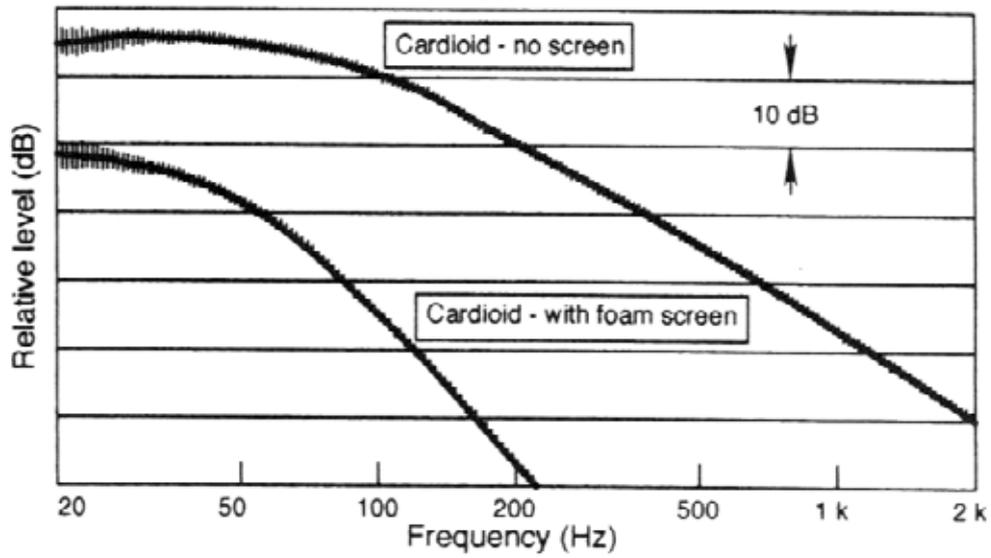


Ilustración 3 Woolf, Reducción del ruido con el sistema anti-viento de Rycote aplicado a un MKH60 Sennheiser (hypercardiode) ante “viento real”. No se especifica velocidad.



**Ilustración 4** Wuttke, no se señala velocidad del viento.

Los estudios antes señalados entregan algunos datos que permiten vislumbrar el comportamiento de los micrófonos ante el viento y los efectos de las pantallas, sin embargo no estudian los problemas relacionados con las velocidades y variaciones del viento, ni tampoco especifican la presencia de alguna fuente sonora.

## **5. Hipótesis:**

De las investigaciones anteriores podemos ver que no se han establecido relaciones entre las condiciones de viento a enfrentar y la respuesta de los micrófonos y las pantallas. Sin embargo, podríamos suponer que al someter los micrófonos a condiciones de viento más extremas, esto es mayores velocidades, se lograría encontrar un límite donde el ruido producido por el viento fuese demasiado alto como para obtener una relación señal/ruido aceptable. Por lo anterior se hace necesario determinar ante que condiciones de viento el micrófono es capaz de funcionar correctamente, y en cuales condiciones la pantalla de viento es capaz de cumplir su cometido.

## **6 Metodología**

Este estudio se compone de dos partes, un análisis subjetivo y otro estudiando objetivamente los espectros resultantes.

El análisis subjetivo busca determinar la calidad de una grabación en función de los efectos del viento, discriminando distintos niveles de interferencia producidos por éste.

El análisis de espectro permitirá establecer los rangos de frecuencia en los cuales actúa el viento en distintas condiciones, así como observar las alteraciones que este produce a una señal de audio conocida, intentando explicar numéricamente los datos obtenidos en el análisis subjetivo.

### **6.1 Alcances**

Estudiaremos el comportamiento de un micrófono unidireccional como el descrito en el punto 3.1.3.1, ya que este tipo de micrófonos es el utilizado en grabaciones en exteriores, debido a sus características, ya descritas anteriormente.

Los sistemas de protección de “anti viento” a estudiar serán el Zepellin (“Basket” o Windshield), y el Zepellin cubierto (Windshield + Windjammer), que son los más utilizados para micrófonos altamente direccionales.

### **6.2 Equipamiento utilizado**

Para adquisición de datos:

- . Micrófono RODE NTG-2
- . Micrófono RODE NTG-1 (referencia)
- . Sistema Antiviento Rycote, WS 4 (Windshield, Windjammer and Support).
- . Pre-Amplificador de micrófonos, Behringer UltraGain Pro, Model MIC2200.
- . Computador Athlon 64, AMD, equipado con Software SPECTRA RTA.

- . Matlab 7.0
- . Sonómetro Quest Modelo 2900

Para la Emisión y medición de Viento:

- . Generador de Viento Bajo Ruido, PASCO SF-9216
- . Termoanemómetro, TSI Modelo 8384-M

Para la Emisión de Señal de Audio:

- . Amplificador Soundtech PL200
- . Reproductor de CD, con Disco para Mediciones.

Para el monitoreo al realizar la evaluación Subjetiva:

- . Monitores de Campo Cercano, Yamaha NS-10M Studio.
- . Amplificador de Estudio, ASHLY SRA-120.

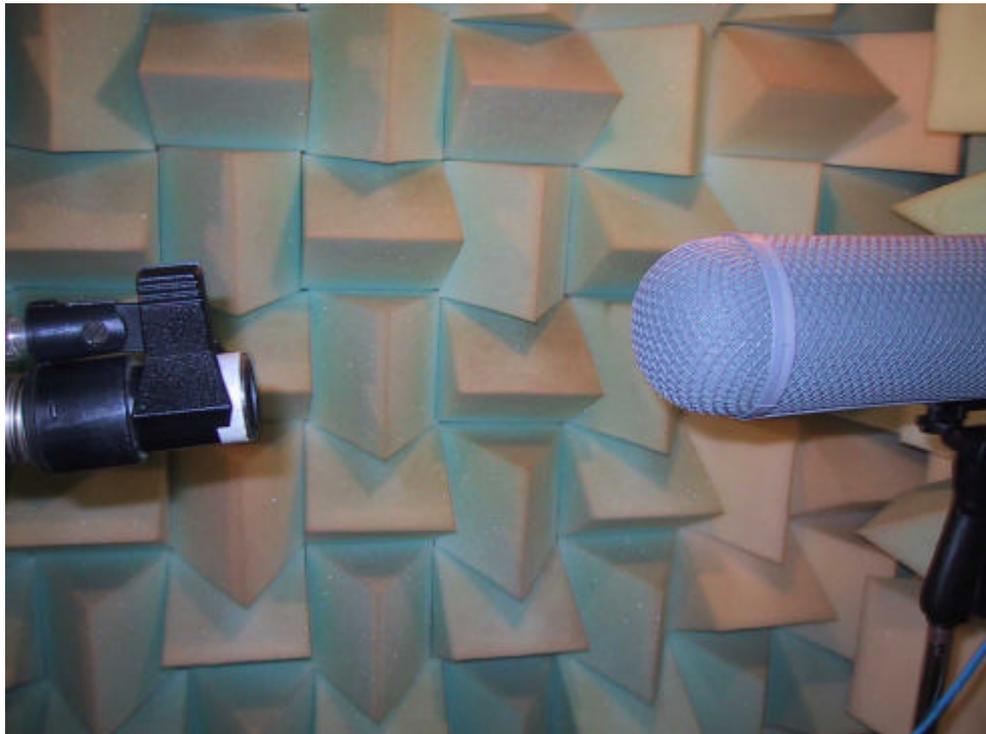
Para el montaje y otros:

- . Sala Anecóica normalizada
- . Atriles, Cables, Conectores, etc.

## **6.3 Montaje:**

### **6.3.1 Sistema de Generación y medición de Viento**

El sistema para producir viento se realizó mediante una fuente generadora, la cual está provista de un regulador que permite modificar la velocidad del viento. En su salida se conecta una manguera que permite dirigir el viento hacia una superficie específica. La salida de esta manguera se fijó, mediante un atril, frente al micrófono principal a una distancia de 20 [cm], como se indica en la ilustración 5.



**Ilustración 5 Salida de Viento hacia Microfono Cubierto con Zepellin.**

Luego, utilizando un termoanemómetro (ilustración 6)- con una precisión de 0,01 [m/s] - se midió la velocidad del viento en el punto donde se encontraba el extremo del micrófono, procediéndose a marcar siete rangos de velocidades en el regulador del generador de viento. Nótese que las velocidades medidas, no son del todo constantes por lo cual se señala un rango.

Las velocidades definidas fueron:

**Tabla 1 Especificación de los rangos de Velocidad para cada “Tipo de Viento”**

<b>Código</b>	<b>Velocidad [m/s]</b>	<b>Velocidad [Km/h]</b>
Viento tipo 0 <sup>1</sup>	0	0
Viento tipo 1	3 a 4	10 a 14
Viento tipo 2	7 a 8	25 a 29
Viento tipo 3	11 a 12	40 a 43
Viento tipo 4	15 a 16	54 a 58
Viento tipo 5	18 a 20	65 a 72
Viento tipo 6	22 a 24	79 a 86



**Ilustración 5 Panel del Termoanemómetro TSI.**

<sup>1</sup> Velocidad medida con el Generador de viento apagado.



**Ilustración 6 Panel del Generador de Viento**

La velocidad del viento en el micrófono de referencia también fue medida, para todas las posiciones del regulador (Ilustración 6), entregando siempre valores inferiores a 0.01 [m/s], ya que se encontraba fuera del alcance del viento generado.

### **6.3.2 Emisión de señal de audio**

Se montó un sistema dotado de un amplificador, cuya señal es alimentada por un reproductor de CD, el cual contiene diversas señales, este sistema va conectado a una fuente omnidireccional, con respuesta plana entre los 100 [Hz] y los 3500 [Hz].

**Tabla 2 Listado de Señales de Prueba Utilizadas**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
Señal 0	Sin Señal desde el Reproductor de CD
Señal 1	Ruido Rosa
Señal 2	Tono de 100 [Hz]
Señal 3	Tono de 160 [Hz]
Señal 4	Tono de 250 [Hz]
Señal 5	Tono de 400 [Hz]
Señal 6	Tono de 1000 [Hz]
Señal 7	Música (40 [s])
Señal 8	Ruido Blanco

Es importante consignar que los Tonos descritos, no constituyen un tono puro propiamente tal, ya que la fuente que los genera presenta una distorsión armónica importante, por lo cual al realizar el estudio se debe observar el espectro real de estos tonos, el cual será presentado en los resultados como señal de referencia.

Se debe agregar que el generador de viento actúa como dos fuentes de ruido adicionales, la primera producto de su motor y su sistema mecánico en general, y la otra en la boca de la salida del chorro de aire. Ambas fuentes se consideran como omnidireccionales, y su emisión la llamaremos Ruido del Sistema Generador de Viento (RSGV). Considerando esta situación se optó por medir el RSGV, y trabajar con señales que estuviesen al menos 15 dB por sobre él. No obstante, es necesario señalar que al emitir tonos puros o similares, las demás frecuencias quedan expuestas al RSGV, lo que fue considerado a la hora de analizar los Datos.



**Ilustración 7 Fuente Omnidireccional**

### **6.3.3 Adquisición de señal de audio**

El sistema de adquisición de señal de audio consta de un micrófono (micrófono 1) unidireccional, montado sobre una soporte con suspensión, al cual se le pueden agregar distintos tipos de protecciones de viento, este micrófono está ubicado frente a la salida de viento. Existe un segundo micrófono (micrófono 2), distinto al principal, el cual es utilizado como señal de referencia, y fue ubicado 1.5 [m] de distancia, asegurando que no recibiera viento -pudiendo captar sin interferencias eólicas - el sonido producido por el sistema generador de señal de audio, incluyendo las fuentes de ruido producidas por el generador de viento.

Ambos micrófonos fueron conectados a un preamplificador que alimentaba a un computador equipado para trabajar con señales de audio. El Software empleado fue Spectra

RTA 1.2, el cual fue configurado para entregar los resultados en 1 /24 de octava. Posteriormente los datos entregados fueron recogidos y procesados por el Software Matlab 7.0, para poder relacionar las diversas variables, entregando los resultados en tercios de octava.

Paralelamente, todas las señales de audio fueron grabadas en el computador, en formato WAV, Stereo, con un sampleo de 44.100 Hz y resolución de 16 bits.

#### **6.3.4 Sistemas de protección “anti viento”:**

Se utilizaron tres condiciones de protección ante el viento, la primera consistió en el micrófono desnudo, o sin protección, sólo montado sobre el sistema de suspensión (Ilustración 8). En segunda instancia se utilizó un Zepellin (Windshield o Basket) (Ilustración 9), y por ultimo el Zepellin Cubierto (Windshield + WindJammer) (Ilustración 10).



**Ilustración 8 Suspensión Rycote, sin protección anti viento.**



**Ilustración 9 Zepellin (WindShield), Rycote WS4.**



**Ilustración 10 Zepellin Rycote WS2 Cubierto (Windshield + WindJammer)**

## 6.4 Procedimiento

### 6.4.1 Calibración del Sistema

Se procedió a calibrar ambos micrófonos, estableciendo una comparación con ruido blanco, en la cual se observó que los micrófonos entregaban una respuesta similar entre los 80 [Hz] y los 9000 [Hz], sin superar los 1.2 [dB] de diferencia por tercio de octava. Luego se procedió a calibrar el software, mediante la comparación de los niveles totales en dB y dB(A), con un sonómetro tipo 1. El software posee un procedimiento de calibración, que permite ajustar los niveles a una referencia que en este caso fue el sonómetro indicado. Se regularon las distintas partes de la cadena electroacústica para evitar que el sistema se saturara en cualquiera de sus componentes.

### 6.4.2 Análisis Subjetivo

Se procedió a comparar las grabaciones de audio capturadas por el micrófono de referencia versus el micrófono expuesto a viento, con las Señales Tipo: 0,2 ,3, 4, 6 y 7, expuestas a las distintas velocidades de viento, otorgando una calificación subjetiva a cada grabación, según la siguiente tabla:

**Tabla 3 Listado de Categorías para la Evaluación Subjetiva**

<b>Código de Calificación Subjetiva</b>	<b>Descripción</b>
0	Viento Imperceptible o muy débil
1	Viento perceptible, sin alterar el audio.
2	Viento Distorsiona el audio.
3	Viento Distorsiona completamente el audio.
4	El viento no permite que se distinga el audio.

Se debieron omitir las señales de ruido en banda ancha, por la dificultad para diferenciarlas del ruido de viento en forma auditiva.

Esta prueba se realizó en base al audio registrado, como se indica en el punto 6.3.3, que luego fue reproducido con monitores y amplificador de estudio. La evaluación fue realizada por un sujeto con oído entrenado.

### 6.4.3 Análisis de Espectro.

Debido a que los espectros obtenidos por ambos micrófonos están conformados por la suma de más de una señal, resultó necesario ejecutar un procedimiento que permitiese separarlas, para así poder realizar los análisis correspondientes. Por otra parte, ya que se optó por recoger una gran cantidad de datos, fue útil generar un descriptor que permitiese sintetizar la información obtenida. Para ello se desarrolló un script en Matlab 7.0, con el que se realizó el procedimiento que se describe a continuación.

Los Datos de entrada fueron el espectro en Décibels del micrófono expuesto al viento (Micrófono 1) y del micrófono de Referencia (Micrófono 2).

Así tenemos que, considerando las distintas señales como no correlacionadas,

$$E1(v,x,m) = 10 \text{ Log} (S(x) + RV(v,x,m) + RSGV(v,x)) \quad (EC. 1)$$

$$E2(v,x) = 10 \text{ Log} (S(x) + RSGV(v)) \quad (EC. 2)$$

Donde,

*E1*: Espectro en dB Obtenido de Micrófono 1.

*E2*: Espectro en dB Obtenido de Micrófono 2.

*S*: Espectro de la Señal de Prueba, emitido por la fuente alimentada por el Reproductor de CD.

*RV*: Espectro del Ruido por efecto del viento.

*RSGV*: Espectro del Ruido del Sistema Generador de Viento.

*v*: Velocidad del Viento

*x*: Señal de Prueba

*m*: tipo de protector

Luego, buscamos despejar los parámetros en función de *E1* y *E2*, que son nuestros valores conocidos, así tenemos que:

$$10^{E1(v,x,m)/10} = S(x) + RV(v,x,m) + RSGV(v,x) \quad (EC.3)$$

$$10^{E2(v,x,m)/10} = S(x) + RSGV(v,x) \quad (EC.4)$$

Obtenemos *RV*,

$$RV(v,x,m) = 10^{E1/10} - 10^{E2/10} \quad (EC.5)$$

Para pasar el Ruido de Viento a dB,

$$RV(v,x,m)(dB) = 10 \text{ Log } (10^{E1/10} - 10^{E2/10}) \quad (EC.6)$$

Para poder comparar espectros a distintas velocidades de viento, debemos despejar *RSGV*, para ello evaluamos *E2*, cuando la señal es de tipo 0,

$$10^{E2(v,0,m)/10} = RSGV(v) \quad (EC.7)$$

Luego se define un Espectro Corrido tal que,

$$EC = 10 \text{ Log } (10^{E1(v,x,m)/10} - 10^{E2(v,x,m)/10}) \quad (EC.8)$$

El Espectro Corregido se encuentra expresado en dB.

Con el fin de sintetizar la gran cantidad de información obtenida, se definió arbitrariamente un descriptor al que llamamos Índice de Ruido de Viento,

$$IRV = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{f_0}^{f_c} 10^{RV'(f)} \right)$$

IRV es un promedio energético, desde 80 a 1000 [Hz] – que es la banda de frecuencias donde el viento presenta su mayor energía. Las constantes  $f_0$  y  $f_c$  definen esta banda de interés. N representa la cantidad de bandas evaluadas.  $RV'(f)$  es el valor en decibeles, para el Ruido de Viento, evaluado en la banda f.

## 7 Resultados y Discusión

### 7.1 Análisis subjetivo.

A Continuación se muestran las apreciaciones subjetivas, en tablas ordenadas según el tipo de viento generado para cada situación.

**Tabla 4 Listado de Apreciaciones Subjetivas, con Viento Tipo 1**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	2	2	0
Señal 2	2	1	0
Señal 3	2	1	0
Señal 4	2	1	0
Señal 5	2	1	0
Señal 6	2	1	0
Señal 7	1	0	0

Al realizar el análisis subjetivo, se observó que la tabla de categorías asignadas, fue lo suficientemente precisa para lograr que cada medición pudiese enmarcarse claramente dentro de alguno de los rangos preestablecidos lográndose, inclusive, distinguir subcategorías en algunos casos, sin embargo estas no fueron incluidas en los resultados finales, ya que su nivel de diferenciación no resultó lo suficientemente claro como para poder realizar evaluaciones taxativas, considerándose que las categorías ya establecidas cumplían con el fin de diferenciar en forma clara y precisa, los distintos efectos del viento sobre la señal de audio.

**Tabla 5 Listado de Apreciaciones Subjetivas, con Viento Tipo 2**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	2	2	1
Señal 2	4	2	1
Señal 3	4	2	1
Señal 4	4	2	1
Señal 5	3	2	1
Señal 6	3	2	1
Señal 7	3	1	1

**Tabla 6 Listado de Apreciaciones Subjetivas, con Viento Tipo 3**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	2	2	1
Señal 2	4	2	1
Señal 3	4	2	1
Señal 4	4	2	1
Señal 5	4	2	1
Señal 6	3	2	1
Señal 7	3	1	1

**Tabla 7 Listado de Apreciaciones Subjetivas, con Viento Tipo 4**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	2	3	1
Señal 2	4	3	1
Señal 3	4	3	1
Señal 4	4	3	1
Señal 5	4	3	1
Señal 6	3	2	1
Señal 7	3	2	1

En las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se observa que las apreciaciones subjetivas fueron similares para todas las señales con tonos puros, no existiendo mayores diferencias entre diversas frecuencias. Queda de manifiesto que ante la ausencia de sistemas de protección “anti viento”, éste provoca un fuerte ruido, incluso con velocidades bajas. También es claro, que el Zepellin cubierto logra el mejor desempeño, permitiendo que todas las señales sean audibles y entendibles. Sin embargo, se puede ver que pasado el rango de los 19 a 20 [m/s], no existe ningún sistema capaz de mantener la señal sin distorsión.

**Tabla 8 Listado de Apreciaciones subjetivas con Viento Tipo 5**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	n/r <sup>2</sup>	3	2
Señal 2	n/r	3	2
Señal 3	n/r	3	2
Señal 4	n/r	3	2
Señal 5	n/r	3	2
Señal 6	n/r	2	2
Señal 7	n/r	2	1

**Tabla 9 Listado de Apreciaciones Subjetivas, con Viento Tipo 6**

	<b>Sin Protección</b>	<b>Zepellin</b>	<b>Zepellin Cubierto</b>
Señal 0	n/r	3	2
Señal 2	n/r	3	2
Señal 3	n/r	3	2
Señal 4	n/r	3	2
Señal 5	n/r	3	2
Señal 6	n/r	3	2
Señal 7	n/r	2	1

<sup>2</sup> No se Realizó para no saturar el sistema de Entrada.

En las pruebas de banda ancha, realizadas con música, se mantiene la tendencia vista con las señales anteriores, sin embargo se presenta una leve mejoría de la percepción subjetiva de la relación señal ruido, ya que al existir una fuente que emite en todas las bandas, ésta logra enmascarar de mejor manera el ruido producido por el viento.

## 7.2 Análisis de Espectro

Las tablas 10 a la 12 muestran los resultados que entregó nuestro descriptor – IRV – para las distintas pruebas realizadas con señales de banda ancha.

**Tabla 10 Resultados de IRV para micrófono sin Protección**

	<b>Viento 1</b>	<b>Viento 2</b>	<b>Viento 3</b>	<b>Viento 4</b>
<b>Señal 0</b>	101	108	111	111
<b>Señal 1</b>	100	109	111	111
<b>Señal 2</b>	92	105	108	110
<b>Señal 3</b>	91	105	109	111
<b>Señal 4</b>	94	106	109	111
<b>Señal 5</b>	92	106	109	111
<b>Señal 6</b>	91	105	109	111
<b>Señal 7</b>	92	105	109	111
<b>Señal 8</b>	100	108	111	111

Las tablas de IRV, muestran resultados similares a los obtenidos en la evaluación subjetiva. La Señal Tipo 8 (Ruido Blanco) presenta los resultados más consistentes si la comparamos con los parámetros subjetivos. Por lo cual utilizaremos esta señal como referencia para observar el comportamiento de nuestro sistema en banda ancha.

**Tabla 11 Resultados de IRV para Micrófono con Zepellin**

	<b>Viento 1</b>	<b>Viento 2</b>	<b>Viento 3</b>	<b>Viento 4</b>	<b>Viento 5</b>	<b>Viento 6</b>
<b>Señal 0</b>	61	80	87	93	96	98
<b>Señal 1</b>	73	80	88	93	97	99
<b>Señal 2</b>	72	90	95	101	106	110
<b>Señal 3</b>	73	89	97	102	101	104
<b>Señal 4</b>	76	89	96	102	98	103
<b>Señal 5</b>	75	89	96	102	95	103
<b>Señal 6</b>	75	89	97	102	52	98
<b>Señal 7</b>	81	86	96	102	98	102
<b>Señal 8</b>	67	80	87	93	96	99

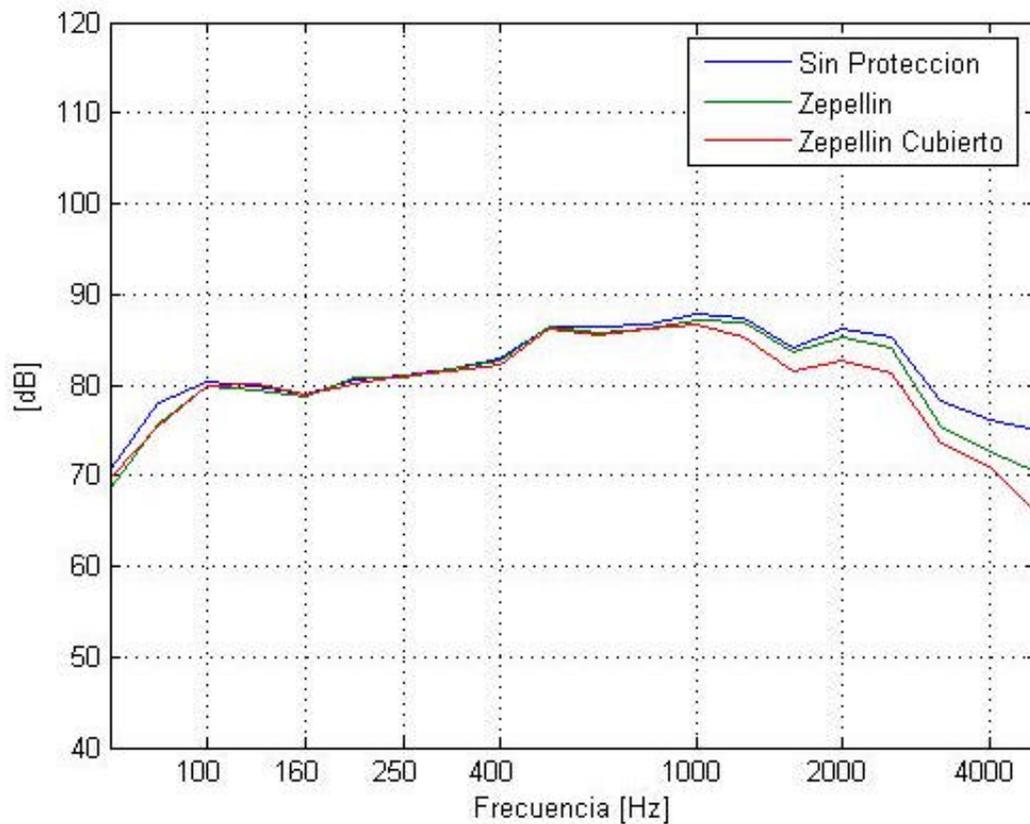
**Tabla 12 Resultados de IRV para Micrófono con Zepellin Cubierto**

	<b>Viento 1</b>	<b>Viento 2</b>	<b>Viento 3</b>	<b>Viento 4</b>	<b>Viento 5</b>	<b>Viento 6</b>
<b>Señal 0</b>	46	66	76	81	83	84
<b>Señal 1</b>	46	72	69	76	91	91
<b>Señal 2</b>	106	106	106	106	106	106
<b>Señal 3</b>	59	73	89	90	102	102
<b>Señal 4</b>	59	72	80	84	100	101
<b>Señal 5</b>	57	73	79	84	100	101
<b>Señal 6</b>	54	72	78	83	81	83
<b>Señal 7</b>	86	81	89	88	97	98
<b>Señal 8</b>	54	62	75	81	84	85

En base a la evaluación entregada por el descriptor IRV, a continuación se presentan datos significativos, que muestran las tendencias observadas en la totalidad de las muestras obtenidas.

### 7.2.1 Efectos de los Protectores Ante la Ausencia de Viento:

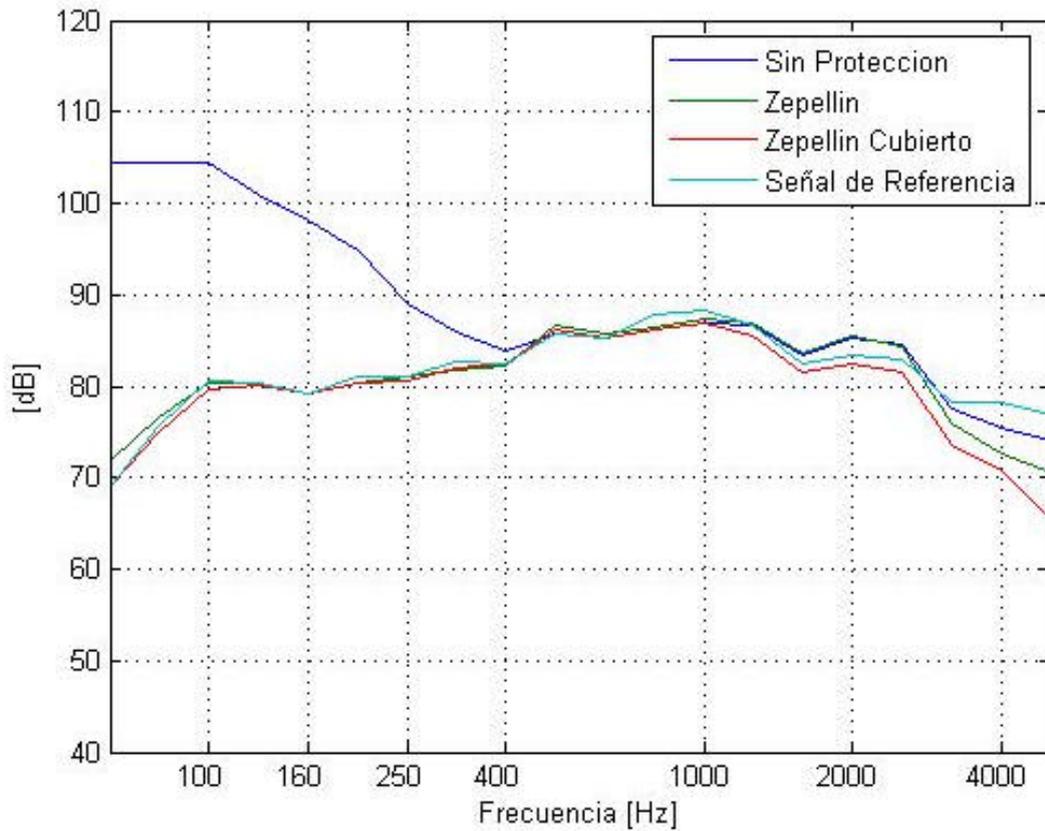
En la ilustración 11, se analiza la situación en banda ancha. Se puede observar, ante la ausencia de viento, las alteraciones a la señal original, que son producidas por los sistemas “anti viento”.



**Ilustración 11 Señal Ruido Blanco con Viento Tipo 0**

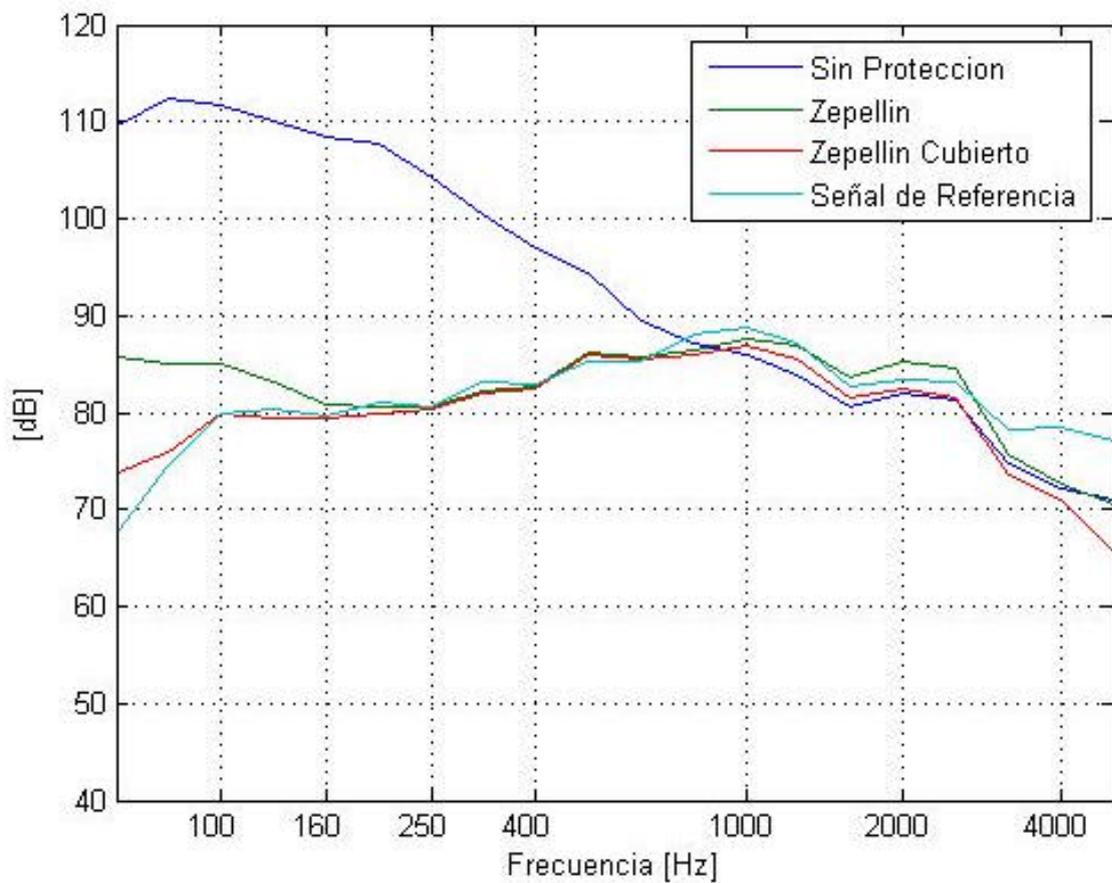
La Ilustración 11 nos muestra que sin la presencia de viento, el Zepellin Cubierto, produce atenuaciones de orden de los 5 dB en frecuencias por sobre los 2000 [Hz], lo cual implica una pequeña variación respecto a la señal original.

### 7.2.2 Variaciones de Protección con Velocidades de Viento Constantes :



**Ilustración 12 Señal Ruido Blanco con Viento Tipo 1**

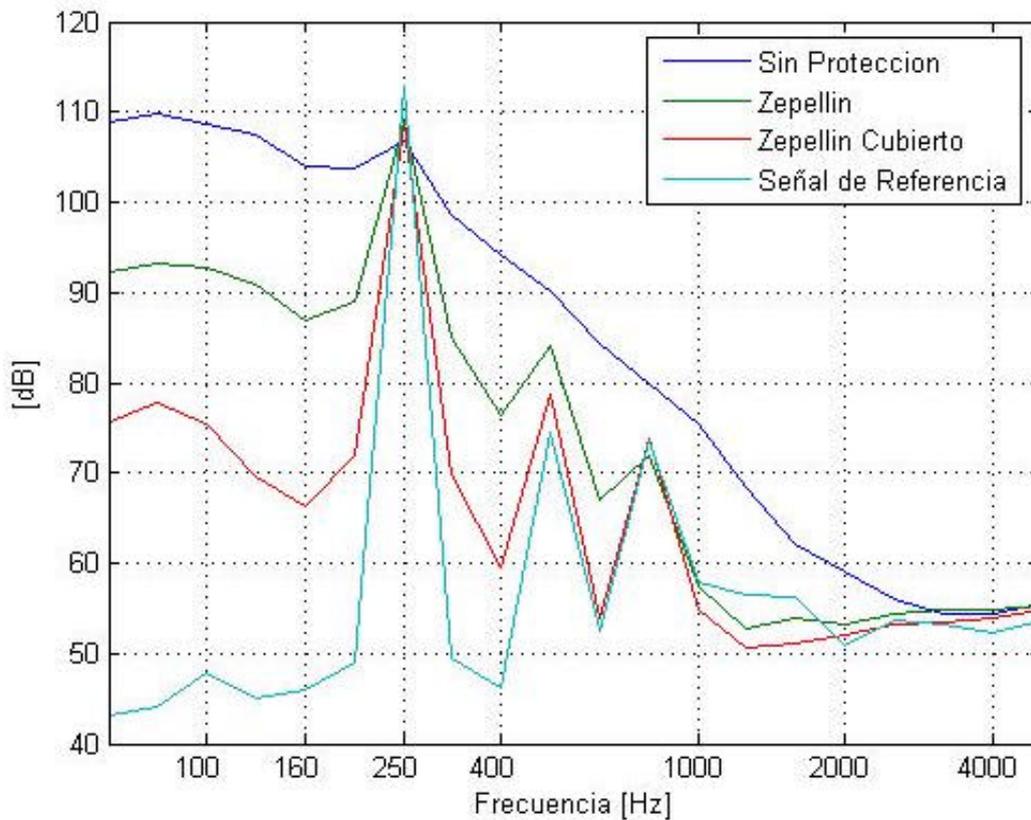
En la Ilustración numero 12, se observa como la existencia de una pequeña cantidad de viento, genera una importante distorsión en el espectro del micrófono sin protección, confirmando lo diagnosticado en las evaluación subjetivas.



**Ilustración 13 Señal Ruido Blanco con Viento Tipo 2**

Vemos en la Ilustración 13, que el espectro obtenido al no utilizar protección “anti viento” presenta una notoria variación respecto a la señal de referencia, sobre todo en las frecuencias bajo los 400 [Hz]

Como se observa en la ilustración 14, al estudiar la situación para un tono puro, se encuentra que los protectores de mejor desempeño logran mantener la forma del espectro, mientras que a menor protección, los peaks se van suavizando.

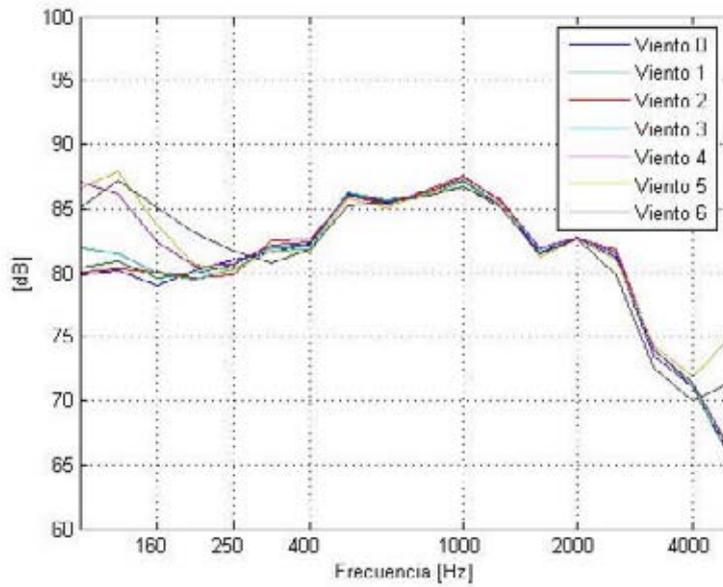


**Ilustración 14 Espectro para señal tipo 4, con viento Tipo 2.**

Los armónicos que aparecen en la gráfica, son producto de la fuente utilizada para generar el tono.

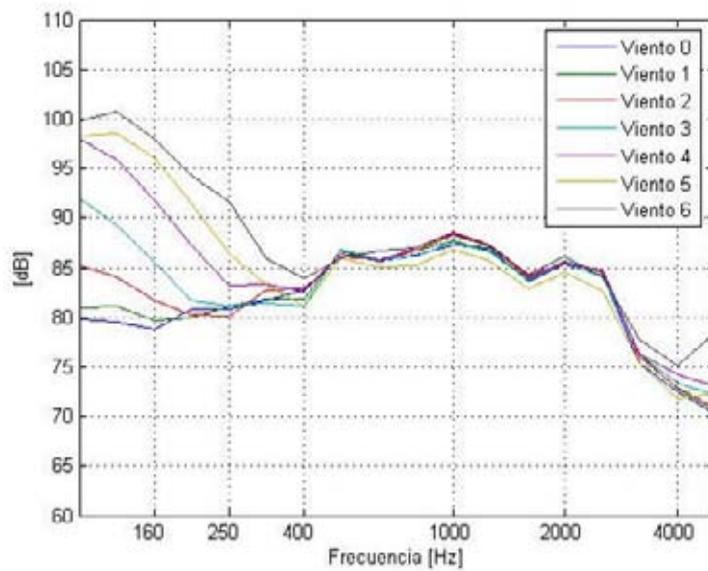
### **7.2.3 Gráficos para Protector Constante, variando el Tipo de Viento**

Al comparar un mismo sistema de protección a distintas velocidades viento, se nota que en banda ancha existe un rango de frecuencias críticas donde se producen variaciones, el cual depende de las diferentes velocidades de viento.



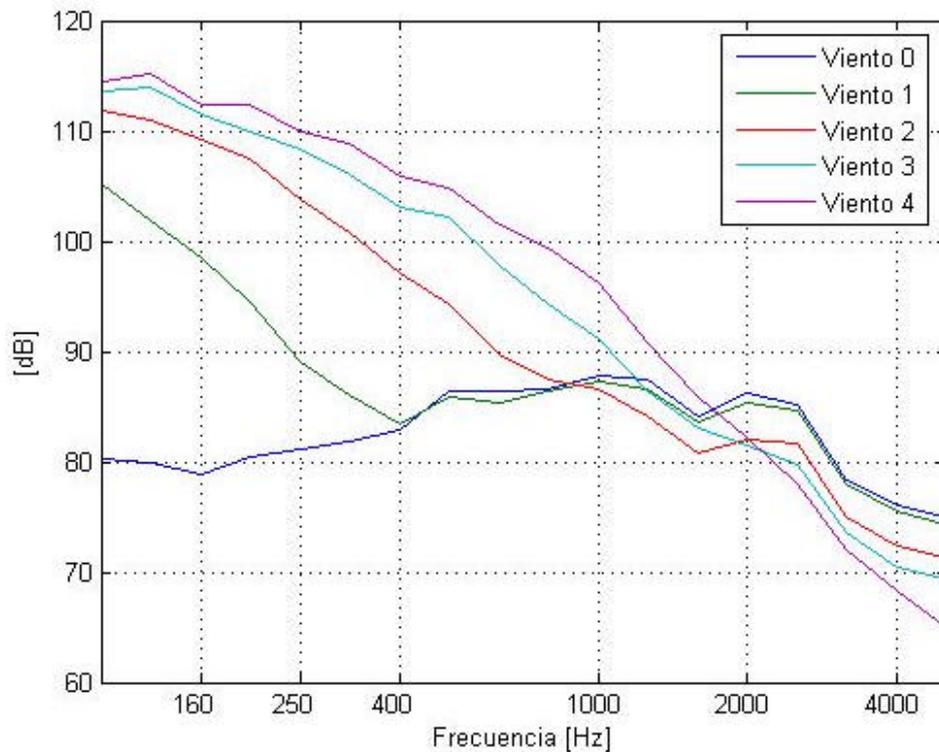
**Ilustración 15** Espectro para un Micrófono Equipado con Zepellin Cubierto, y alimentado por Ruido Blanco

Podemos ver en la Ilustración 15, que el Zepellin cubierto logra un muy buen desempeño a partir de los 250 [Hz] en adelante.



**Ilustración 16** Espectro para un Micrófono Equipado con Zepellin, y alimentado por Ruido Blanco

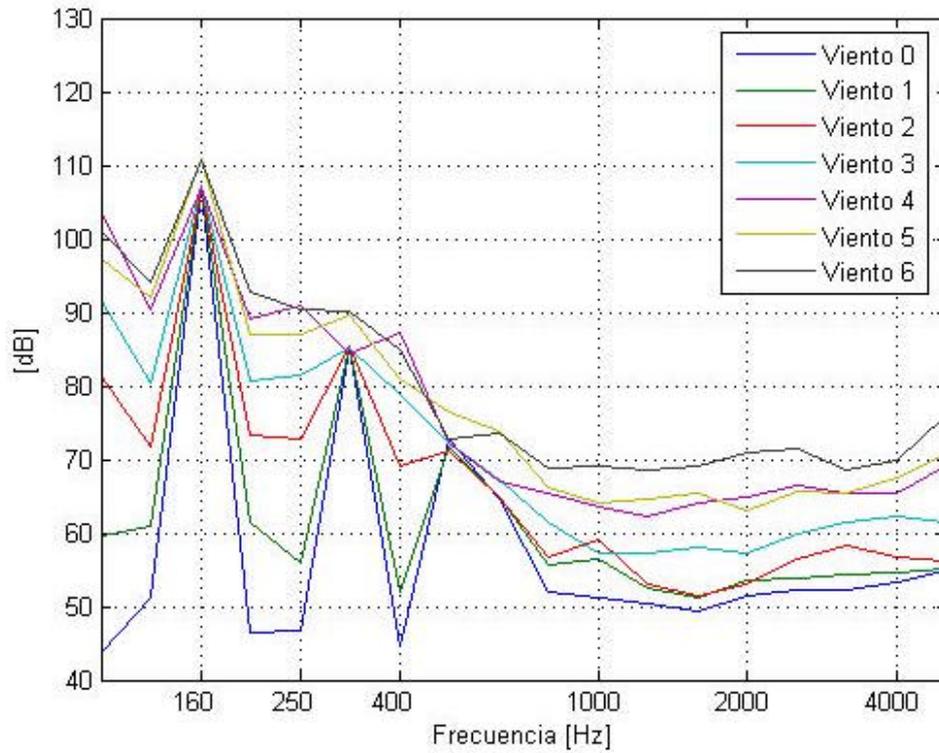
Comparando las Ilustraciones 15 y 16 se puede ver como al quitar la cubierta del Zepellin, las diferencias en la zona crítica aumentan en amplitud, y se desplazan hacia a la derecha en el rango de frecuencias.



**Ilustración 17 Espectro para un Micrófono sin protección contra el viento, alimentado por Ruido Blanco**

En la Ilustración 17 una vez más queda de manifiesto como al disminuir la protección, las amplitudes siguen aumentando y la zona crítica se desplaza más allá del 1000 [Hz].

Al observar la situación sobre un Tono, se ve que las diferencias se amplían en a todo el rango de frecuencias, inclusive con la mayor protección anti viento posible.



**Ilustración 18** Espectro para un Micrófono equipado con Zepellin cubierto, y sometido a un tono de Tipo 3

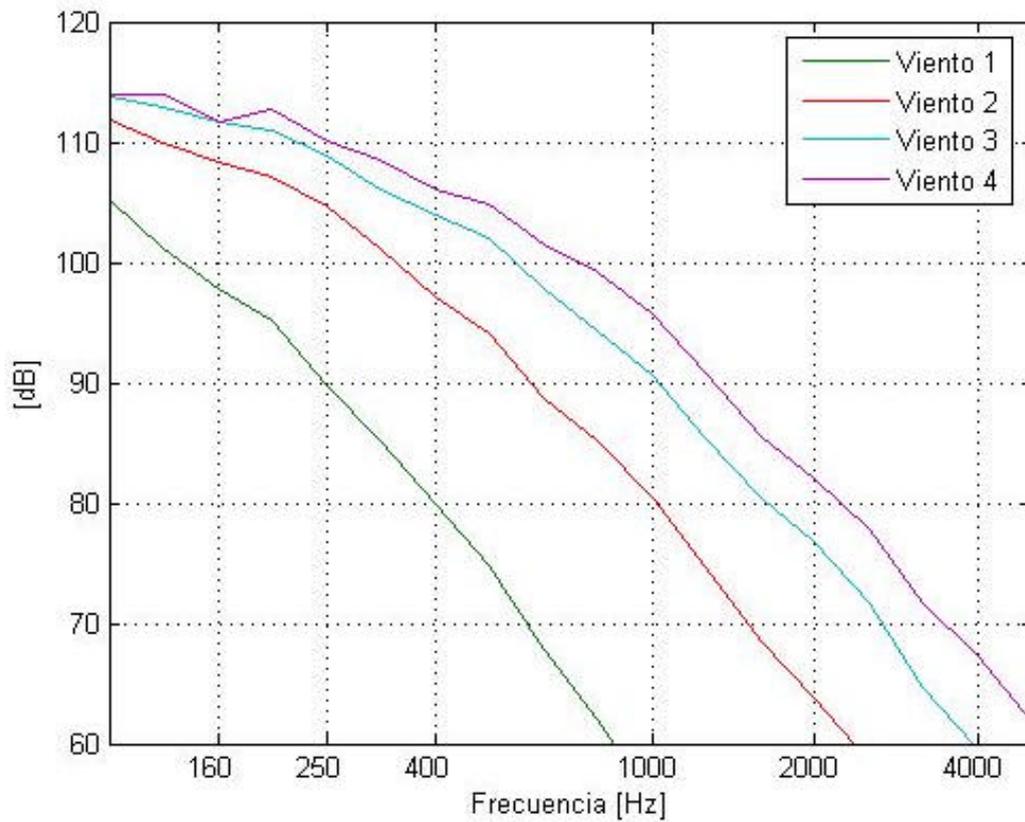
En la ilustración 18, se observa que el efecto del viento es mucho más nocivo en circunstancias de que no existe una fuente que lo enmascare en todo el rango de frecuencias.

### **7.2.3 Espectro del Ruido de Viento**

En las siguientes ilustraciones se muestran los gráficos del parámetro definido como Ruido de Viento (EC. 7).

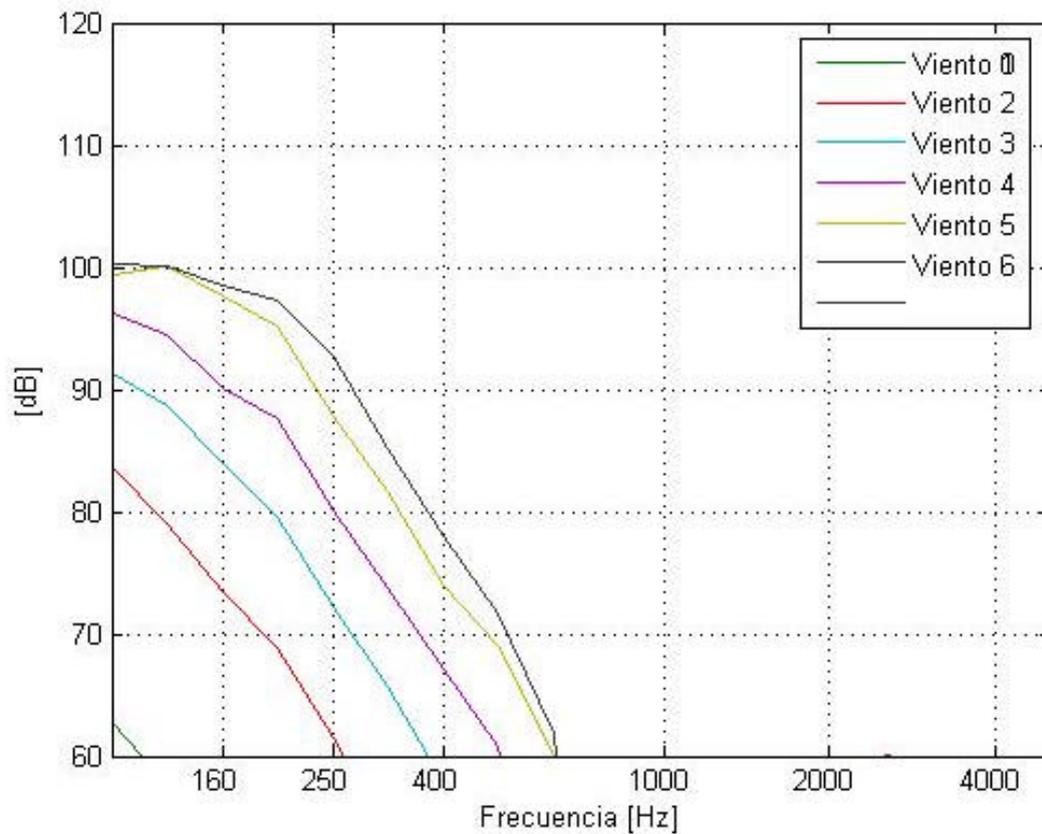
Para poder observar el Ruido de Viento, sin que este se vea afectado por el enmascaramiento de otra señal, observemos el espectro que este produce con una Señal Tipo 0 (sin señal).

En la Ilustración 19, podemos observar los altos niveles de ruido que genera el viento cuando no se utiliza ninguna protección. Es claro, que el aumento de Velocidad del Viento produce una mayor amplitud en el ruido, y un crecimiento hacia frecuencias más altas.



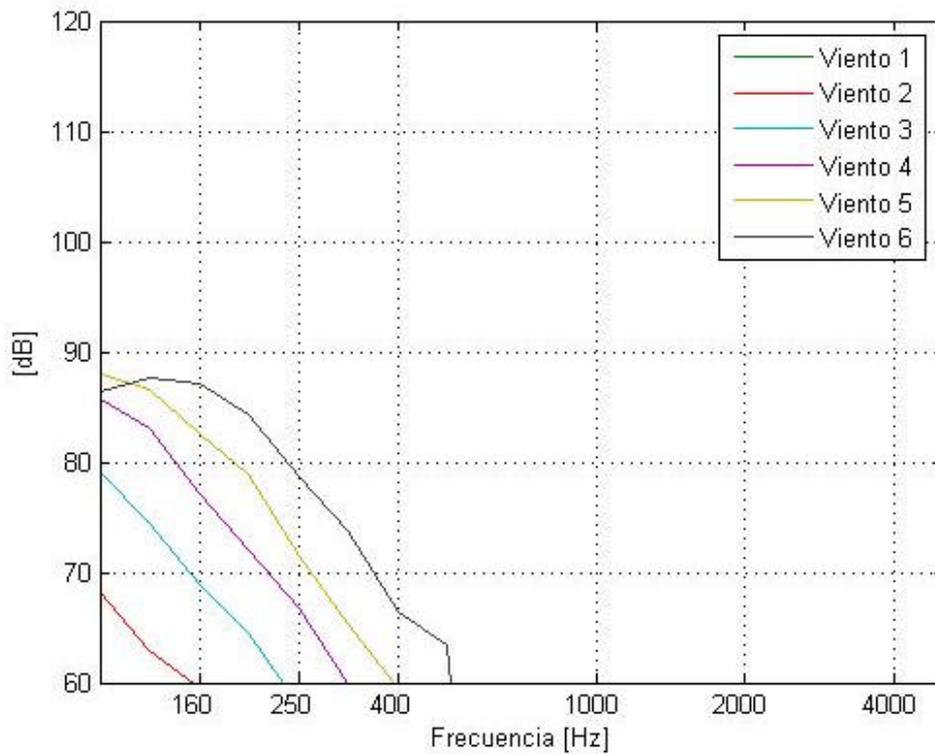
**Ilustración 19 Espectro para un microfono Sin Protección “Anti Viento”, con señal Tipo 0**

En la Ilustración 20, se ve que al utilizar una protección tipo Zepellin, el espectro de ruido producido por el viento se reduce considerablemente, tanto en amplitud como en su rango de frecuencias.



**Ilustración 20 Ruido de Viento, producido en un Micrófono con Zepellin y Señal tipo 0.**

La Ilustración 21 nos muestra el espectro de Ruido de Viento, para un micrófono protegido con un Zepellin Cubierto. Resulta claro que los niveles son menores que en los casos anteriores. Pese a ello, en bajas frecuencias, aunque más bajos que en los casos anteriores, los niveles continúan presentándose perfectamente audibles, e inclusive pueden llegar a enmascarar a una señal, dependiendo de la amplitud de ésta. Esto ratifica lo observado en los análisis subjetivos, donde si bien, el Zepellin Cubierto, logra un buen desempeño, no es capaz de impedir la distorsión de las señales, a partir de una cierta velocidad de Viento



**Ilustración 21 Ruido de Viento, producido sobre una señal de Ruido Blanco, en un microfono con Zepellin**

La secuencia de gráficos muestra claramente, que el espectro de ruido del viento se encuentra en las frecuencias bajas, y que su amplitud está directamente relacionada con la velocidad del viento y el protector utilizado.

## 8 Conclusiones

- . Se confirma la hipótesis de que los sistemas “anti viento”, son eficientes hasta una velocidad determinada, luego de lo cual no logran cumplir su objetivo.
- . Se logró establecer un rango de velocidades máximas hasta donde funcionan correctamente los sistemas “anti viento”.
- . Los datos obtenidos, sugieren no realizar grabaciones con vientos que superen el rango de los 19 a 20[m/s] en caso de utilizar el sistema de Zepellin Cubierto, si se están grabando señales con amplitudes cercanas a los 100 dB. Tampoco se recomienda capturar señales, estando expuesto a vientos superiores a los 16 [m/s] en caso de ocupar sólo el Zepellin.
- . Ocupar un micrófono altamente direccional, sin protección contra el viento, debe reservarse sólo para interiores o lugares sin viento, ya que bajas velocidades de viento producen distorsiones notorias.
- . El sistema de Zepellin Cubierto produce leves atenuaciones de la señales por sobre los 2000 [Hz].
- . Se logró caracterizar el Ruido de Viento. El cual para señales de banda ancha, se presenta en las frecuencias bajas, y puede llegar más allá de los 1000 [Hz], dependiendo de la velocidad del mismo y de los sistemas de protección que se utilicen.
- . No obstante lo anterior, las apreciaciones subjetivas sugieren que el viento genera distorsiones en un amplio espectro de frecuencias, particularmente cuando la señal a grabar se presenta en forma de tonos puros o discretos.
- . Los datos y gráficos obtenidos entregan una clara descripción del comportamiento del Ruido de Viento en función de la velocidad de éste y de los distintos tipos de protectores.

## 9 Bibliografía

- [1] Eargle, J; “The Microphone Book”, 2001, Focal Press
- [2] Holamn, T; “Sound for film and television”,2002, Focal Press
- [3]Dirección Meteorológica de Chile, [www.meteochile.cl](http://www.meteochile.cl)
- [4]Woolf, Criss, “How to Reduce Wind Noise and Vibration”, [www.rycote.com](http://www.rycote.com)
- [5] Wuttke, J; “Microphones and Wind”, <http://www.filmebase.pt/Wind.html>

## Anexo I

Gráficos de en función de las distintas señales y tipos de viento.

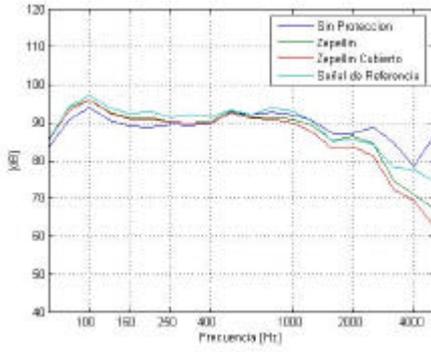


Ilustración 22 Viento Tipo 0, Señal Tipo 1

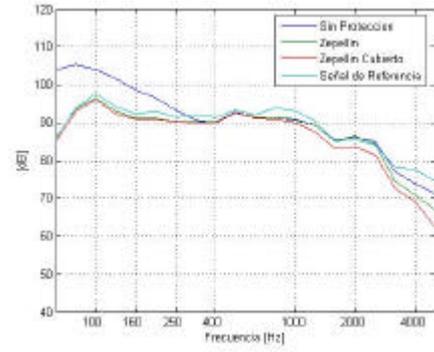


Ilustración 23 Viento Tipo 1, Señal Tipo 1

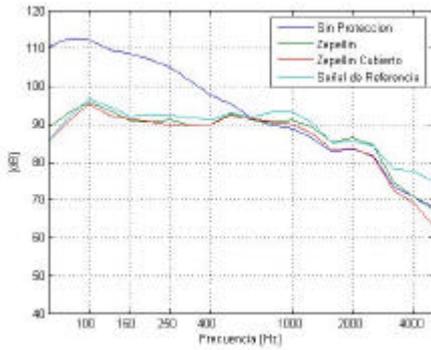


Ilustración 24 Viento Tipo 2, Señal Tipo 1

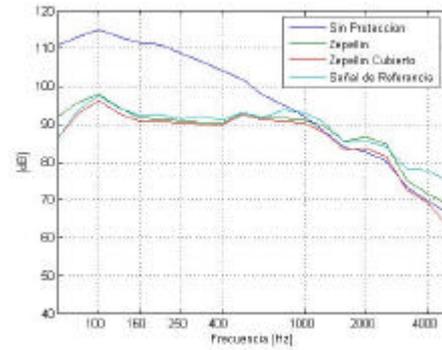
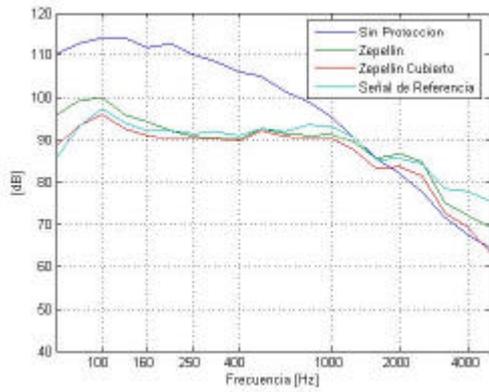
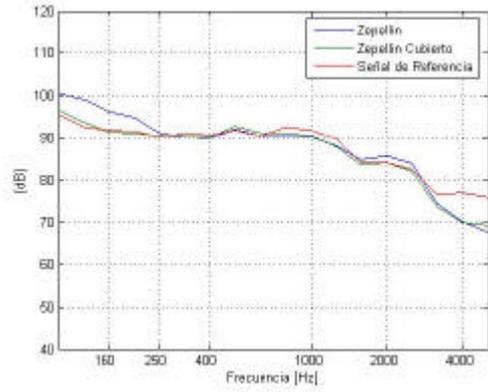


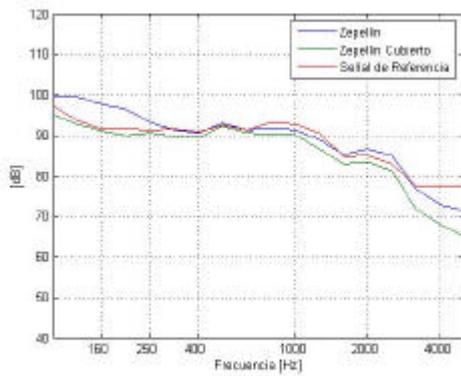
Ilustración 25 Viento Tipo 3, Señal Tipo 1



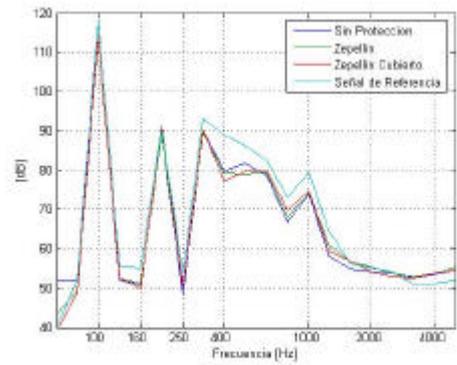
**Ilustración 26 Viento Tipo 4, Señal Tipo 1**



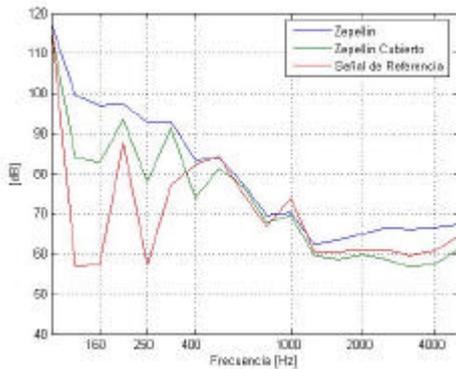
**Ilustración 27 Viento Tipo 5, Señal Tipo 1**



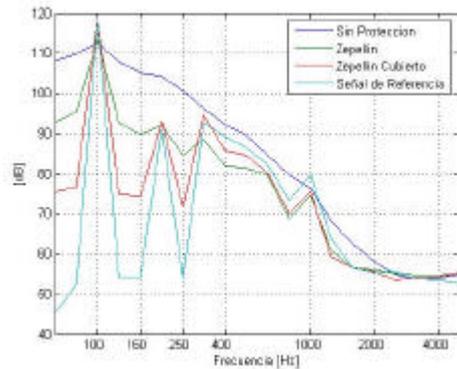
**Ilustración 28 Viento Tipo 6, Señal Tipo 1**



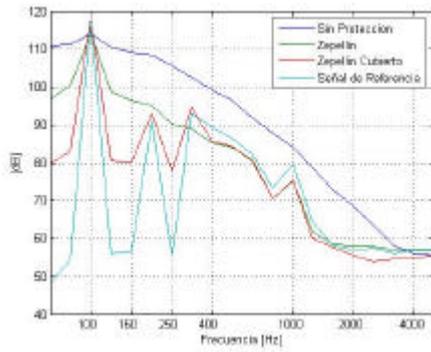
**Ilustración 29 Viento Tipo 0, Señal Tipo 2**



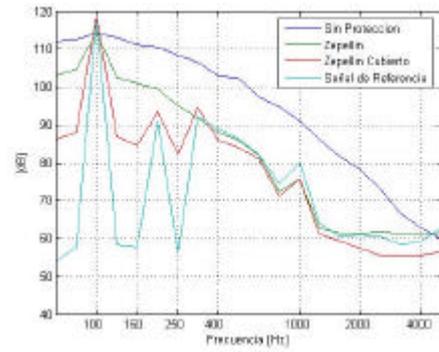
**Ilustración 30 Viento Tipo 1, Señal Tipo 2**



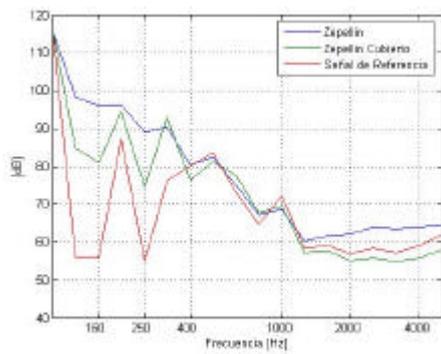
**Ilustración 31 Viento Tipo 2 Señal Tipo 2**



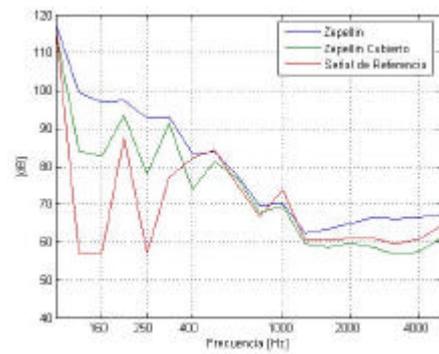
**Ilustración 32 Viento Tipo 3, Señal Tipo 2**



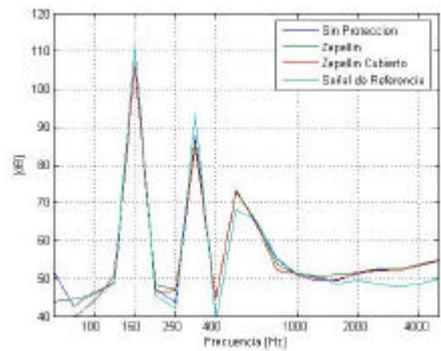
**Ilustración 33 Viento Tipo 4, Señal Tipo 2**



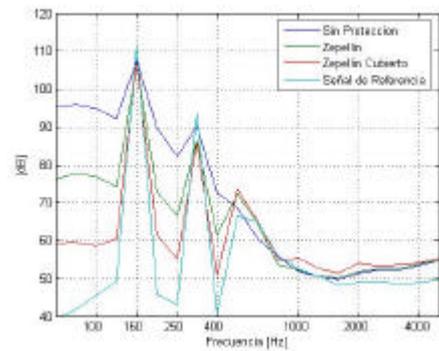
**Ilustración 34 Viento Tipo 5, Señal Tipo 2**



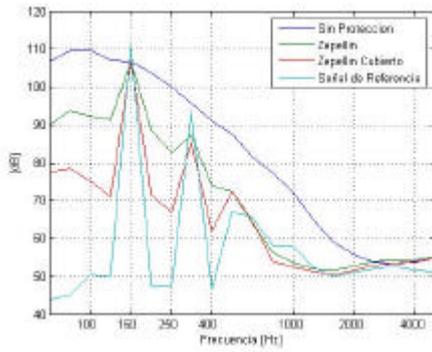
**Ilustración 35 Viento Tipo 6, Señal Tipo 2**



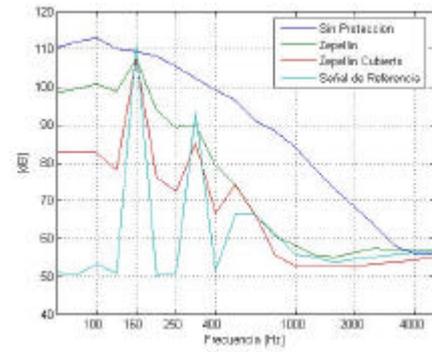
**Ilustración 36 Viento Tipo 0 Señal Tipo 3**



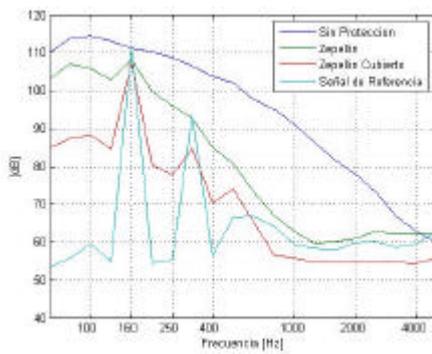
**Ilustración 37 Viento Tipo 1 Señal Tipo 3**



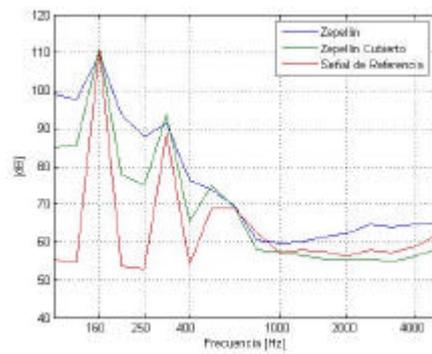
**Ilustración 38** Viento Tipo 2, Señal Tipo 3



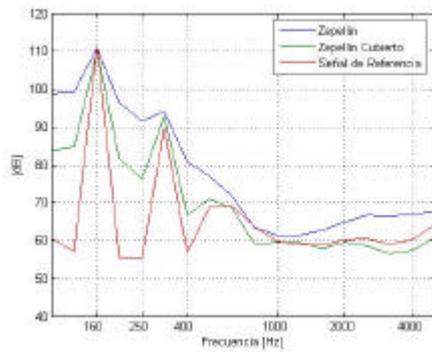
**Ilustración 39** Viento Tipo 3, Señal Tipo 3



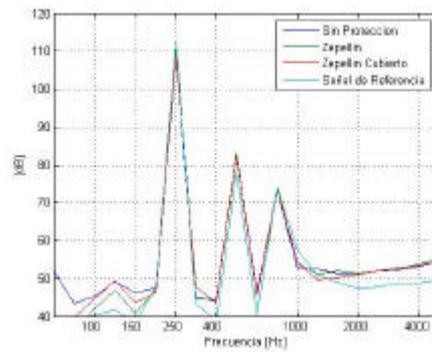
**Ilustración 40** Viento Tipo 4, Señal Tipo 3



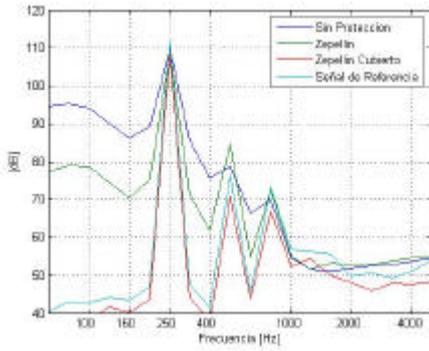
**Ilustración 41** Viento Tipo 5, Señal Tipo 3



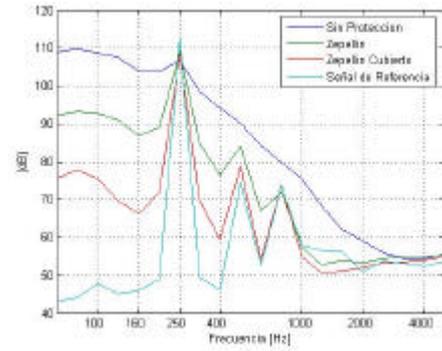
**Ilustración 42** Viento Tipo 6, Señal Tipo 3



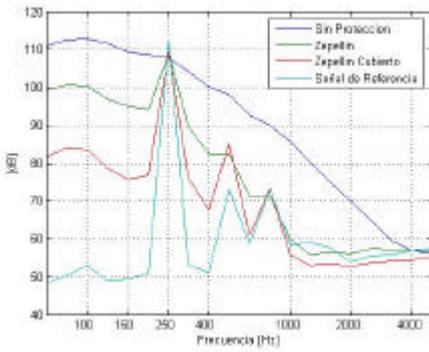
**Ilustración 43** Viento Tipo 0, Señal Tipo 4



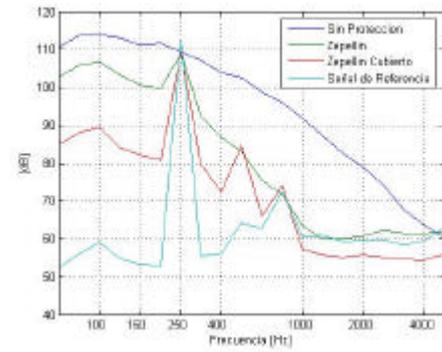
**Ilustración 44 Viento Tipo 1, Señal Tipo 4**



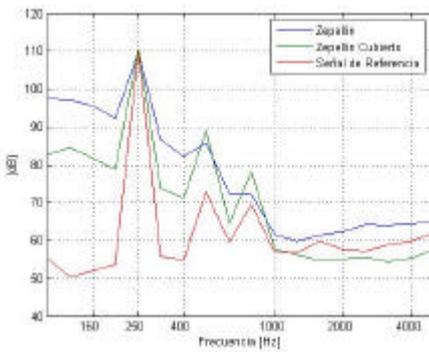
**Ilustración 45 Viento Tipo 2, Señal Tipo 4**



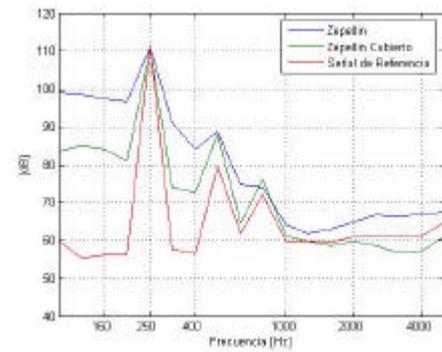
**Ilustración 46 Viento Tipo 3, Señal Tipo 4**



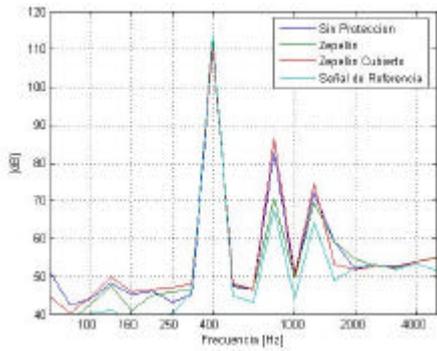
**Ilustración 47 Viento Tipo 4, Señal Tipo 4**



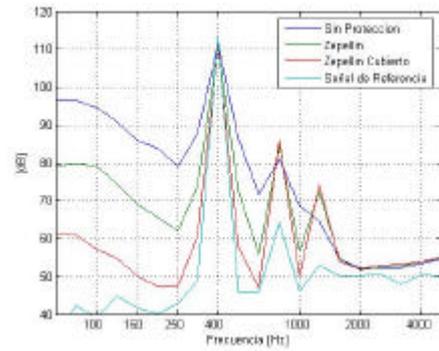
**Ilustración 48 Viento Tipo 5 Señal Tipo 4**



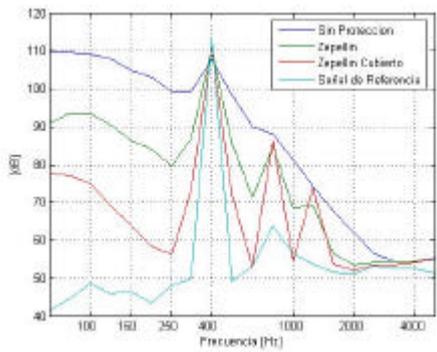
**Ilustración 49 Viento Tipo 6 Señal Tipo 4**



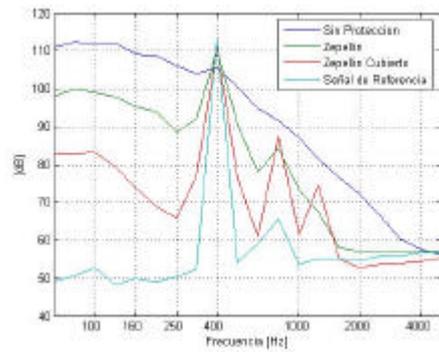
**Ilustración 50 Viento Tipo 0, Señal Tipo 5**



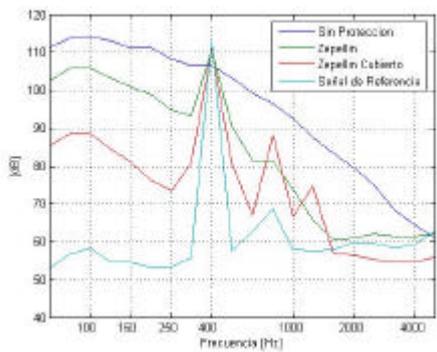
**Ilustración 51 Viento Tipo 1, Señal Tipo 5**



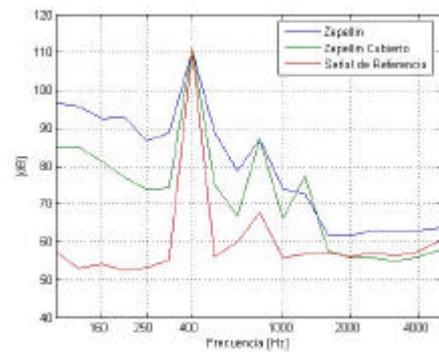
**Ilustración 52 Viento Tipo 2, Señal Tipo 5**



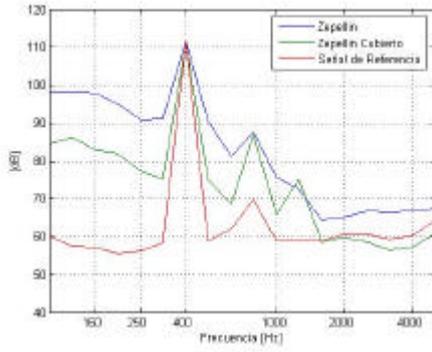
**Ilustración 53 Viento Tipo 3, Señal Tipo 5**



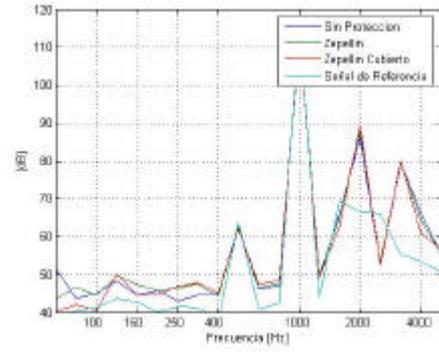
**Ilustración 54 Viento Tipo 4 Señal Tipo 5**



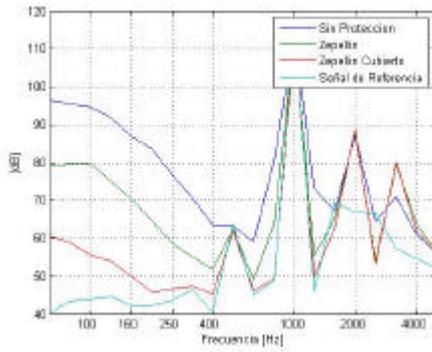
**Ilustración 55 Viento Tipo 5 Señal Tipo 5**



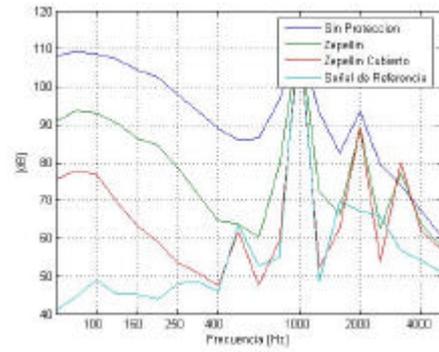
**Ilustración 56** Viento Tipo 6, Señal Tipo 5



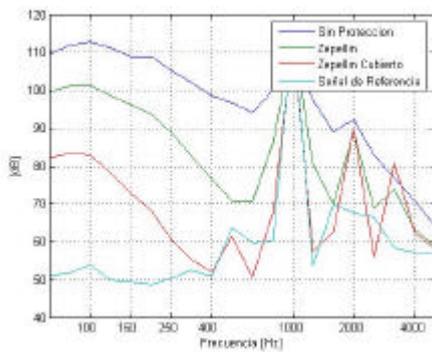
**Ilustración 57** Viento Tipo 0, Señal Tipo 6



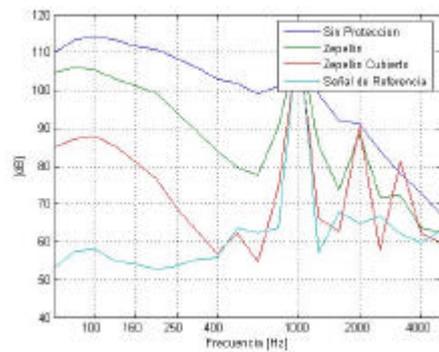
**Ilustración 58** Viento Tipo 1, Señal Tipo 6



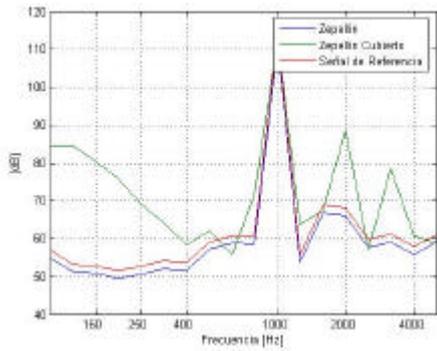
**Ilustración 59** Viento Tipo 2, Señal Tipo 6



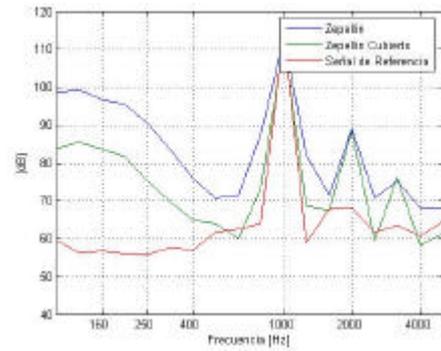
**Ilustración 60** Viento Tipo 3 Señal Tipo 6



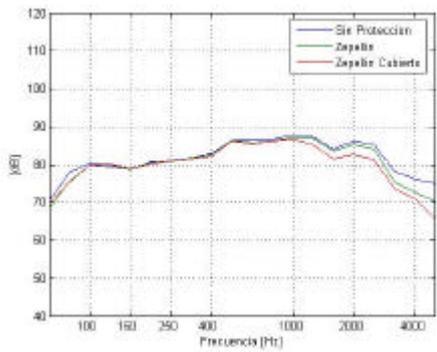
**Ilustración 61** Viento Tipo 4 Señal Tipo 6



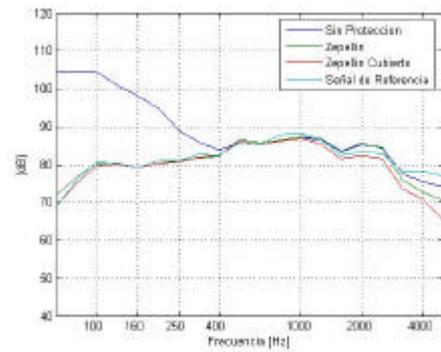
**Ilustración 62 Viento Tipo 5, Señal Tipo 6**



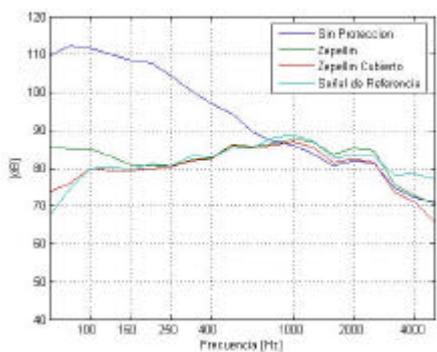
**Ilustración 63 Viento Tipo 6, Señal Tipo 6**



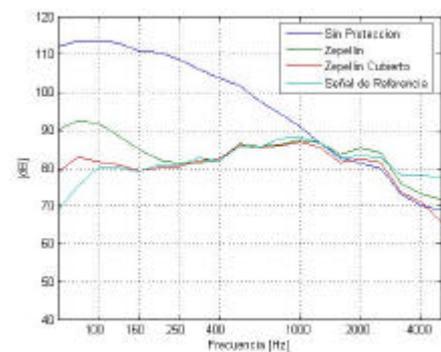
**Ilustración 64 Viento Tipo 0, Señal Tipo 8**



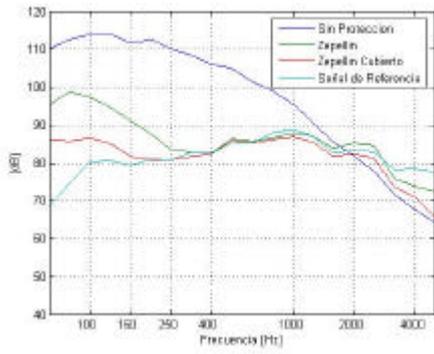
**Ilustración 65 Viento Tipo 1, Señal Tipo 8**



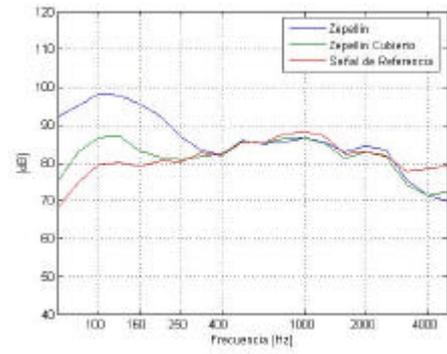
**Ilustración 66 Viento Tipo 2 Señal Tipo 8**



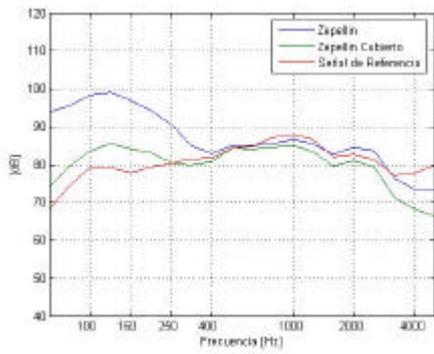
**Ilustración 67 Viento Tipo 3 Señal Tipo 8**



**Ilustración 68 Viento Tipo 4, Señal Tipo 8**



**Ilustración 69 Viento Tipo 5, Señal Tipo 8**



**Ilustración 70 Viento Tipo 6, Señal Tipo 8**