



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMPARACIÓN DE LAS NORMATIVAS UNE-EN ISO 140-4 Y UNE-EN  
ISO 16283-1 MEDIANTE MEDICIONES IN DITU EN EDIFICACIONES DE  
QUITO Y EL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES

AUTOR

Gary Sebastián Sotalín Quijja

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMPARACIÓN DE LAS NORMATIVAS UNE-EN ISO 140-4 Y UNE-EN ISO  
16283-1 MEDIANTE MEDICIONES *IN SITU* EN EDIFICACIONES DE QUITO Y  
EL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniería en Sonido y Acústica”

Profesor Guía

Msc. Jorge Páez Rodríguez

Autor

Gary Sebastián Sotalín Quijía

Año

2017

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

---

Jorge Páez Rodríguez

Master en Gestión y Evaluación de la Contaminación Acústica

C.I. 1756773154

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”.

---

María Bertomeu Rodriguez

Master en Gestión y Evaluación de la Contaminación Acústica

C.I. 175677316-2

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro (amos) que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.” Espacio para la firma, nombres y apellidos, número de cédula de identidad.

---

Gary Sebastián Sotalín Quijía

C.I. 171838294-6

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que aportaron de alguna manera para que pueda concluir mi proyecto de titulación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mi madre que ha sabido inculcarme el valor del trabajo duro, la humildad y el sacrificio para lograr cumplir mis metas y ser una persona de bien.

A mi familia y hermanos por su apoyo incondicional.

## RESUMEN

El aislamiento acústico en las edificaciones, es uno de los mayores problemas por el cual los habitantes presentan quejas; ya sean por ruidos producidos en el exterior como el ruido de tráfico o los ruidos internos producidos por los colindantes. Estos ruidos pueden ser producidos por: el habla o distintas maquinas dentro de las edificaciones las cuales se propagan a través de los elementos constructivos como paredes medianeras y forjados.

Es necesario poder cuantificar el nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo en una edificación, para lo cual se recomienda aplicar el uso de normativas internacionales como son: las normativas ISO y en específico la normativa UNE-EN ISO 16283-1. Esta última es la versión en idioma español para la “Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”. Dicha norma se encuentra vigente, anulando a la normativa precedente UNE-EN ISO 140-4; para la “Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición *in situ* del aislamiento al ruido aéreo entre locales”.

El objetivo principal del proyecto se centró en comparar las normativas UNE-EN ISO 16283-1 e UNE-EN ISO 140-4, con el fin de analizar los resultados obtenidos a través de las mediciones *in situ*, utilizando un método claro, eficaz y eficiente para la evaluación de datos de medición y la expresión de incertidumbres de medidas.

Para cumplir con el objetivo del proyecto se ha calculado una muestra representativa para las edificaciones en la ciudad de Quito, con el fin de que los datos y resultados obtenidos a través de las mediciones *in situ* puedan ser comparables y significativas estadísticamente.

En los hallazgos del proyecto, se pudo determinar que la metodología y el procedimiento para la obtención de las muestras aplicando las normativas mencionadas afectan a los resultados globales de aislamiento acústico con diferencias significativas.

## ABSTRACT

Acoustic insulation in buildings is one of the biggest problems in which residents complain: either by noises produced in the exterior as the traffic noise or the internal noises produced by the adjoining ones. These internal noises can be produced by: the speech or different machines inside the buildings which are spread through the constructive elements like *medianeras* and forged walls.

It is necessary to be able to quantify the level of acoustic insulation to airborne noise in a building, for which it is recommended to apply the use of international regulations such as: ISO regulations and specifically UNE-EN ISO 16283-1. This last one is the Spanish version for the “*In situ* measurement of the acoustic insulation in buildings and in elements of construction. Part 1: Insulation to airborne noise”. This norm is in force, annulling the previous norm UNE-EN ISO 140-4: for the “Measurement of acoustic insulation in buildings and building elements. Part 4: Measurement *in situ* of the insulation to the airborne noise between rooms”.

The main objective of the project is to compare the standards UNE-EN ISO 16283-1 and UNE-EN ISO 140-4, in order to analyze the results obtained through *in situ* measurements using a clear, efficient and effective method for the evaluation of measurement data and the expression of measurement uncertainties.

To achieve with the project objective, a representative sample has been calculated for the buildings in the city of Quito, so that the data and results obtained through on-site measurements can be statistically comparable and significant.

In the project findings, it was possible to determine that the methodology and the procedure to get the samples applying the mentioned regulations affect the global results of acoustic insulation with significant differences.

# ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. El ruido.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación .....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo General .....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
2. Capítulo II. Marco Teórico.....	9
2.1. Fuentes de ruido .....	9
2.1.1. Externas a las edificaciones .....	9
2.1.2. Internas a la edificación.....	9
2.2. Medios de contaminación del ruido .....	10
2.3. La energía sonora transmitida en edificaciones.....	10
2.3.1. Ondas en elementos sólidos .....	11
2.4. Aislamiento acústico .....	13
2.4.1. Magnitudes físicas para el aislamiento acústico .....	15
2.4.1.1. Pérdida de transmisión de Ruido.....	15
2.4.1.2. Diferencia de Nivel .....	16
2.4.2. Transmisión sonora entre dos medios.....	16
2.4.3. Transmisión sonora entre dos espacios .....	17
2.4.3.1. Propagación del sonido a través de múltiples materiales en la partición.....	19
2.5. Dilucidación de aislamiento acústico a ruido aéreo .....	19

2.5.1.	Aislamiento de una partición o pared simple .....	20
2.5.1.1.	Zona 1: Aislamiento por rigidez .....	20
2.5.1.2.	Zona 2: Ley de masa .....	21
2.5.1.3.	Zona 3: Efecto de coincidencia .....	22
2.5.2.	Aislamiento de paredes dobles o múltiples .....	24
2.5.2.1.	Resonancia en paredes dobles .....	25
2.5.2.2.	Ondas estacionarias en la cámara .....	27
2.5.2.3.	Ensamblajes rígidos o puentes acústicos .....	27
2.5.2.4.	Aislamiento en vanos .....	29
2.5.3.	Parámetros para el aislamiento acústico .....	30
2.6.	Muestreo .....	32
2.6.1.	Fundamentos de Muestreo .....	32
2.6.2.	Población .....	32
2.6.3.	Muestra .....	32
2.6.4.	Unidad muestral .....	33
2.6.5.	Marco muestral .....	33
2.6.6.	Muestreo aleatorio simple .....	33
2.6.7.	Estimación del total poblacional .....	33
2.6.8.	Estimación de la media Poblacional .....	34
2.6.9.	Estimación de la proporción poblacional .....	34
2.6.10.	Intervalo de confianza .....	34
2.6.11.	Tamaño de la muestra .....	35
2.7.	Revisión de la normativa UNE-EN ISO 717-1 .....	36
2.7.1.	Antecedentes .....	36
2.7.2.	Perspectiva actual .....	37
2.7.3.	Importancia de la exanimación a la norma UNE-EN ISO 717 ....	39

2.7.4.	Propuestas .....	40
2.7.4.1.	Campo de aplicación y espectros .....	40
2.8.	Incertidumbre en la medida .....	41
2.8.1.	Conceptos .....	42
2.8.1.1.	Mesurando o magnitud de salida .....	42
2.8.1.2.	Tipos de evaluación de incertidumbre .....	43
2.8.1.3.	Evaluación tipo "A" .....	44
2.8.1.4.	Evaluación tipo "B" .....	45
2.8.2.	Evaluación de la incertidumbre en la estimación de salida .....	46
2.8.3	Evaluación de la incertidumbre en la estimación de entrada .....	47
2.8.4.	Incitación al cálculo de incertidumbres en el aislamiento acústico.. .....	48
2.8.4.1.	Importancia.....	48
2.8.4.2.	Incitación al cálculo .....	49
2.8.5.	Métodos para el cálculo de incertidumbre .....	50
2.8.5.1.	Método de propagación de la incertidumbre .....	50
2.8.5.2.	Método de Montecarlo .....	50
2.8.5.3.	Método de repetibilidad .....	50
3.	Capítulo II. Metodología .....	52
3.1.	Medida del aislamiento de ruido aéreo .....	52
3.1.1.	Ensayos de aislamiento in situ .....	53
3.1.2.	Mediciones in situ para aislamiento a ruido aéreo .....	54
3.1.2.1.	Comparativa de normativas .....	54
3.1.2.2.	Comparación textual de las normativas .....	54
3.1.2.3.	Comparación de los resultados globales con diferentes metodologías.....	54

3.2.	Tamaño de la muestra por estimación de la proporción poblacional para edificaciones en Quito .....	55
3.3.	Equipamiento para mediciones in situ de aislamiento a ruido aéreo.....	57
3.4.	Procedimiento para mediciones in situ para ruido aéreo, UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 16283-1 .....	59
3.4.1.	Procedimiento para la medición del tiempo de reverberación....	71
3.4.2.	Procedimiento para barrido manual.....	71
3.5.	Metodología para la comparación de valores globales de aislamiento.....	73
3.5.1.	Método UNE-EN ISO 717-1.....	73
3.5.2.	Metodo NWIP 16717 .....	75
3.6.	Procedimiento para la evaluación del valor único en el proyecto.....	77
3.7.	Procedimiento para la evaluación de magnitudes globales de aislamiento acústico .....	78
3.7.1.	Parámetros Acústicos.....	78
3.7.2.	Corrección por ruido de fondo .....	79
3.7.3.	Magnitud global de aislamiento acústico .....	79
3.7.3.1.	Según la norma UNE-EN ISO 140-4.....	80
3.7.3.2.	Según la norma UNE-EN ISO 16283-1.....	80
3.8.	Procedimiento de cálculo de incertidumbre en ensayos acústicos .....	81
3.8.1.	Procedimiento del cálculo de incertidumbre .....	81
3.8.2.	Incertidumbre por equipos de medida .....	81

3.8.2.1. Corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A ( $\delta PFE$ ).....	81
3.8.2.2. Corrección de calibración acústica del nivel de presión del sonómetro con ponderación A ( $\delta PFA$ ).....	82
3.8.2.3. Corrección asociada a la linealidad del sonómetro ( $\delta LS$ ).....	82
3.8.2.4. Corrección asociada a la ponderación temporal ( $\delta PT$ ).....	83
3.8.2.5. Corrección asociada al ajuste inicial del sonómetro empleando un calibrador ( $\delta CA$ ).....	83
3.8.2.6. Corrección del empleo de un calibrador sobre su valor certificado ( $\delta CC$ ).....	84
3.8.2.7. Corrección incorporada a la resolución finita del valor de indicación del sonómetro ( $\delta ES$ ).....	84
3.8.2.8. Corrección incorporada a las variaciones de temperatura ( $\delta TS$ ).....	85
3.8.2.9. Incertidumbre por la repetición de las medidas.....	85
3.8.2.10. Calculo de incertidumbre para ensayos de niveles de presión sonora.....	86
3.8.3. Calculo de incertidumbre para ensayos de aislamiento.....	89
<b>4. Capítulo IV. Resultados.....</b>	<b>94</b>
4.1. Resultado de la comparación textual de normativas.....	94
4.1.1. Objeto principal de las normativas.....	94
4.1.2. Objeto y campo de aplicación.....	94
4.1.3. Definiciones.....	95
4.1.4. Equipo e instrumentación.....	96
4.1.5. Rango de frecuencias.....	96
4.1.6. Disposición de ensayos.....	97
4.1.7. Generación del campo sonoro.....	97

4.1.8.	Posiciones de micrófono .....	98
4.1.9.	Medición del tiempo de reverberación .....	99
4.1.10.	Micrófono barrido manual .....	101
4.1.11.	Tiempos de promediado .....	104
4.1.12.	Registro de resultados.....	105
4.1.13.	Directrices adicionales.....	105
4.1.14.	Tipos de recintos específicos .....	106
4.1.15.	Procedimiento de baja frecuencia .....	107
4.2.	Resultados de los ensayos de aislamiento .....	109
4.2.1.	Resultados totales con el parámetro $D_{nt,w}$ .....	109
4.2.1.1.	Resultados totales con el parámetro $D_{nT,w}$ en mediciones horizontales .....	111
4.2.1.2.	Resultados totales con el parámetro $D_{nT,w}$ en mediciones horizontales menores a 25 m <sup>3</sup> .....	112
4.2.1.3.	Resultados totales con el parámetro $D_{nT}$ en mediciones horizontales mayores a 25 m <sup>3</sup> .....	113
4.2.1.4.	Resultados totales para mediciones verticales con el parámetro $D_{nT,w}$ .....	115
4.2.2.	Resultados totales del parámetro $R',w$ .....	117
4.2.2.1.	Resultados totales con el parámetro $R',w$ en mediciones horizontales .....	118
4.2.2.2.	Resultados totales con el parámetro $R',w$ , en mediciones horizontales menores a 25 m <sup>3</sup> .....	119
4.2.2.3.	Resultados totales con el parámetro $R',w$ en mediciones horizontales mayores a 25 m <sup>3</sup> .....	121
4.2.2.4.	Resultados totales con el parámetro $R'$ en mediciones verticales .....	122

4.3.	Resultados de las diferencias entre normativas .....	123
4.4.	Resultados totales del cálculo de incertidumbre de medida.....	129
5.	Conclusiones y Recomendaciones .....	131
5.1.	Conclusiones .....	131
5.2.	Recomendaciones.....	138
	Referencias .....	141
	Anexos.....	143

# 1. Capítulo I. Introducción

## 1.1. El ruido

Para poder abordar el tema central del proyecto, es necesario realizar una introducción, teniendo como objetivo principal el de establecer el concepto de ruido.

Para esto se debe distinguir las diferencias que existen entre ruido y sonido. “Un ruido es solo un tipo de sonido, pero un sonido no es necesariamente un ruido.”(Samir N., 1998, p. 43). El ruido se puede definir como sonidos desagradables y despreciables, que pueden traer distintos factores perjudiciales para quienes están expuestos. Mientras que el sonido se puede decir que es la perturbación de partículas en un medio, en nuestro caso la atmósfera, que puede traducirse en variaciones de presión en el aire, restringido tanto en amplitud como frecuencia para el oído humano.

En la actualidad se ha considerado que el ruido es una propiedad eminente del medio ambiente, llegando a convertirse en un problema en la sociedad, teniendo como principales componentes al ruido de tránsito o rodado, la industria y al ruido ocasionado entre habitantes.

El ruido tanto por su nivel y sus componentes frecuenciales afecta a la sociedad interfiriendo en la realización de las actividades diarias y la comunicación, causando molestias y afectado el comportamiento en la sociedad. Provocando afecciones auditivas como no auditivas en la salud. El ruido afecta tanto física y psicológicamente actuando en el sistema nervioso a través de la audición. Al superar determinados niveles de exposición puede producir pérdida de audición, que es considerado como la disminución en la sensibilidad del sistema auditivo y diferentes efectos patológicos. A niveles menores, el ruido produce malestar, pérdida de atención, dificulta la comunicación, así como también el descanso y el sueño. Al ser expuesto en niveles altos y periodos constantes, puede traer efectos irreparables.

“Los estudios sobre la exposición al ruido ocupacional y ambiental sugieren una asociación con la hipertensión, mientras que los estudios de la comunidad muestran sólo las relaciones débiles entre el ruido y las enfermedades cardiovasculares.”(Stephen A.: Mark P., 1998, p. 1).

El ruido ambiental está directamente ligado con la molestia, el sueño y la capacidad cognitiva en niños y adultos. Los efectos de molestias por el ruido en las edificaciones pueden ser interpretados como calidad de vida en lugar de enfermedades o discapacidades.

## **1.2. Antecedentes**

El ruido se ha convertido en un problema socio económico al paso del tiempo, afectando el rendimiento de trabajadores, falta de atención en recintos educativos, así como también accidentes laborales y depreciación de inmuebles haciendo que muchas viviendas sean inhabitables, debido a que no cumplen con un aislamiento de ruido adecuado.

Todos los ciudadanos, tenemos el derecho de vivir en un ambiente adecuado, libre de contaminación acústica. Por lo tanto el desarrollo de normativas de control de ruido han sido necesarias para el buen vivir.

En la ciudad de Quito, bajo la Resolución 002-SA-2014 de la Secretaría del Ambiente declara la Norma Técnica para el Control de Ruido, la cual tiene por objetivo la descripción de los métodos y procedimientos de niveles de ruido, así como también establece niveles permisibles de ruido de fuentes fijas, marcando los niveles máximos permitidos, según el tipo de zona y el uso del suelo, teniendo como alcance todas la actividades y emisores acústicos, públicos y privados, fijos y móviles.

La actual Norma Técnica de Construcción, no establece las exigencias de aislamiento acústico, tanto para ruido interno o externo en las edificaciones. Sin embargo, se necesita en concreto un documento básico en el cual se especifique

parámetros y mediciones de verificación para la protección frente al ruido, limitando dentro de las edificaciones las molestias y efectos que provoca la exposición a ruido a los usuarios de las viviendas.

En nuestro país es indispensable la modificación de la Norma Técnica de Construcción, la cual debe tener por objetivo proyectar, la construcción y mantenimiento de los elementos constructivos de recintos, los cuales deben tener características acústicas óptimas para la reducción de la transmisión de ruido aéreo, ruido por impacto y vibraciones.

Frente a la necesidad de controlar el ruido entre recintos se necesita la aplicación de una normativa, la cual limite los niveles de aislamiento acústico en las edificaciones y para la verificación del cumplimiento de dichos niveles, se requiere una medición *in situ*, la cual tiene por objetivo la medición de niveles de ruido en el mismo recinto en el cual se encuentre el objeto a analizar. Las mediciones *in situ* deberán ser realizadas por laboratorios acreditados.

El 10 de Enero del 2015, se publicó en el Registro Oficial N°413, en el cual se dispuso la aplicación obligatoria en todo el país de 10 capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Para el presente año 2015, se incluyeron cuatro capítulos adicionales, conformando un total de 10 capítulos, actualizando los 6 capítulos que estaban vigentes el anterior año, entrando en aplicación obligatorio los siguientes:

1. Cargas (No sísmicas)
2. Cargas Sísmicas y Diseño Sismo resistente
3. Rehabilitación sísmica de estructuras
4. Estructuras de Hormigón Armado
5. Estructuras de Mampostería Estructural
6. Geotecnia y Cimentaciones
7. Estructuras de Acero

8. Estructuras de Madera

9. Vidrio

10. Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 metros.

El Anexo 9 Vidrios, es el único apartado en el cual es definido el vidrio de cámara y el vidrio acústico como un elemento constructivo el cual cuenta con características de aislamiento térmico acústico. Además cuenta con un apartado en el cual menciona las propiedades acústicas y factores de aislamiento acústico en conjunto con una tabla de niveles máximos de ruido y complementando con un gráfico en el cual describe la atenuación en decibeles, en cada uno de los diferentes tipos de vidrios.

Es insuficiente mencionar al vidrio como único elemento constructivo que posee características que contribuyen al aislamiento acústico, puesto que en distintas edificaciones de dimensiones pequeñas presentan problemas en bajas frecuencias y para su control se debe tomar en cuenta áreas grandes como son: mampostería, techos y pisos.

Por lo cual podemos ver que es necesaria la modificación de la actual norma de construcción, ya que no cuenta con un apartado de elementos constructivos para aislamiento acústico de ruido interno como externo para edificaciones, puesto que todos los ciudadanos tenemos el derecho de poder vivir en un ambiente sano y agradable sin contaminación acústica.

Por lo tanto, para la creación de un nuevo capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) la cual cumpla con las necesidades anteriormente mencionadas, podemos tomar como guías las normativas de aislamiento acústico para edificaciones, las cuales se han venido desarrollando por la Comunidad Europea.

Por lo cual las normas para mediciones *in situ* son de gran importancia para la verificación del cumplimiento de niveles adecuados de aislamiento, ya que a partir de estas descripciones técnicas podremos saber si los aislamientos

acústicos de las viviendas, cumplen o no con los requisitos para que una vivienda tenga un adecuado aislamiento acústico, libre de problemas de contaminación acústica.

Las mediciones *in situ*, se realizaban mediante la norma UNE-EN-ISO-140-4, Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Parte 4: Medición *in situ* del aislamiento al ruido aéreo entre las habitaciones y su más reciente actualización, la norma UNE-EN-ISO-16283-1:2015 Medición Campo de aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Esta norma introduce importantes cambios, debidos a varias quejas sobre la percepción de ruido en baja frecuencia, cumpliendo con las necesidades de la Comunidad Europea.

Para poder ofrecer un producto de calidad, se debe gestionar correctamente todos los procesos de medición, tanto en equipamiento como la toma de medidas y muestras por parte del técnico. Es esencial poder indicar cuantitativamente la calidad de un resultado de una medición física, para poder evaluar su idoneidad y comparar los resultados con otros valores referenciales, para esto necesitamos evaluar y expresar su incertidumbre.

En vista que para cualquier proyecto o informe acústico debemos realizar mediciones, para posteriormente proceder a la comparación y verificación de los resultados, la obtención de las incertidumbres de medidas son indispensables por varias razones como son:

- Mediante su cálculo podemos conocer de una manera cuantificable que contribuciones a la incertidumbre afectan a la medida y que procedimiento se puede llevar a cabo para poder reducir su afección en los resultados.
- Podemos verificar el cumplimiento de requisitos a distintas normativas tanto para la construcción acústica, como para el control de niveles de ruido.

· La incertidumbre es un factor clave para determinar las propiedades acústicas de un producto, para así poder comparar las mismas propiedades en diferentes productos, determinando cual es el mejor.

La pauta para un procedimiento detallado para la evaluación de la incertidumbre de medida nos da La Guía para la expresión de Incertidumbre de Medida (GUM), la cual se basa en un modelo matemático completo práctico para la expresión de incertidumbre.

Varios estudios se han realizado para el cálculo de incertidumbres, como algunos trabajos finales de carrera como: Verdú, V. (2010). Como también: Pendán, B. (2011). A demás de publicaciones de varios estudios realizados como es: Machimbarrena, M., Rodríguez, C., Smith, S., Pedersoli, S., & Johansson, R. (2014, Octubre 17). En el cual establece un método para el cálculo de incertidumbre para el ruido aéreo, sugiriendo la investigación de cómo el recientemente aprobado UNE-EN ISO 16283-1 se ajuste con el también recientemente actualizado ISO 12999-1, ya que los métodos de medición difieren significativamente de la derogada norma UNE-EN ISO 140-4.

### **1.3. Justificación**

Del proyecto a realizarse se podrá obtener los siguientes beneficios:

- En base a las mediciones *in situ* de ruido aéreo se podrán obtener resultados como índices de transmisión sonora de diferentes materiales de construcción.
- A través de las comparaciones entre normativas, podremos deducir cuál de las normativas es la más adecuada a la realidad de nuestra ciudad o si necesitamos de alguna nueva norma adaptada a nuestras situaciones.
- Se desarrollara un método adecuado para el cálculo de incertidumbres, para mediciones de ruido aéreo *in situ*.

- Se podrá encontrar una media estadística como también las distintas variaciones que poseen las edificaciones.
- Se podrá identificar los problemas existentes que conlleva un mal aislamiento acústico para ruido aéreo para la sociedad.
- Además se podrá identificar los principales factores para que una medición *in situ* pueda variar en sus resultados.
- Se podrá encontrar un procedimiento adecuado para que el resultado de las mediciones *in situ* tenga un alto grado de fiabilidad.
- El estudio servirá como una guía y como un antecedente para la modificación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y sus elementos de construcción, tomando en cuenta los resultados y conclusiones de esta investigación.
- El proyecto servirá como una guía en un futuro para los organismos de mediciones
- Acreditados para un cálculo simple y rápido de las incertidumbres en las mediciones de ruido aéreo.
- Se realizará un diagnóstico en general de todos los elementos constructivos que son utilizados actualmente en el país.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Comparar las normativas UNE-EN ISO 16283-1 e UNE-EN ISO 140-4, con el fin de analizar los resultados obtenidos a través de las mediciones *in situ*, utilizando un método claro, eficaz y eficiente para la evaluación de datos de medición y la expresión de incertidumbres de medidas.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

Comparar literalmente las normativas a estudio, para establecer diferencias entre ellas tanto en procedimientos, cálculos y definiciones.

Obtener un número representativo de muestras, con el fin de comparar las dos normativas mencionadas anteriormente, a través de un estudio estadístico para determinar el número de muestras con un error aceptable.

Calcular la incertidumbre de medida de aislamiento acústico de ruido aéreo, con el fin de establecer la certeza en las mediciones que se llevaron a cabo, a través de guías para la evaluación de datos y normas que determinen y apliquen las incertidumbres en mediciones acústicas.

Comparar los resultados obtenidos a través de las mediciones acústicas, para establecer diferencias entre los distintos valores de aislamientos acústicos con diferentes normativas y cálculos, mediante análisis estadístico.

## **2. Capítulo II. Marco Teórico**

### **2.1. Fuentes de ruido**

Es necesario identificar y analizar detalladamente las fuentes generadoras de ruido, para conocer el grado de impacto que tiene en la contaminación ambiental y la molestia que existe en las poblaciones, para posteriormente buscar las respectivas soluciones para cada problema.

Cada edificación o recinto cumple con un propósito, en el cual se van a realizar actividades de acuerdo a las necesidades de las personas y a la infraestructura. Es de suma importancia que las actividades se puedan desarrollar en un ambiente acústico adecuado, de esta manera las actividades a realizarse se harán con confort, eficacia, eficiencia y con normalidad. Para el desarrollo del proyecto se clasificara a las fuentes de ruido en dos grupos a continuación.

#### **2.1.1. Externas a las edificaciones**

Está compuesta por todos los ruidos que son originados afuera de las edificaciones como son: el ruido causado por los automotores o tráfico rodado, tráfico aéreo, tráfico marítimo, obras públicas, actividades comunitarias, ruido generado por los animales y factores climáticos.

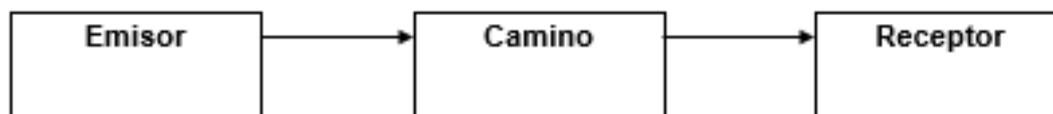
#### **2.1.2. Internas a la edificación**

Está compuesta por todos los ruidos producidos en el interior de las edificaciones como: ruido por electrodomésticos, aparatos de televisión, radio, equipos de sonido, computadores, instalaciones eléctricas, ventilación, ruido por impactos, ruido debido a vecinos o personas y otras fuentes.

## 2.2. Medios de contaminación del ruido

Siendo el mensaje, el portador fundamental de la información en la comunicación entre el emisor y receptor; el ruido es una interferencia que puede interrumpir el mensaje por varios caminos o vías para que el mensaje sea transmitido.

El emisor se puede considerar como un emisor acústico que puede ser una persona, maquina, altavoz o cualquier fuente sonora. Por otra parte tenemos al receptor podrá ser una persona o grupo de personas como una comunidad, un barrio, una ciudad o algo que este perjudicando la exposición a ruido.



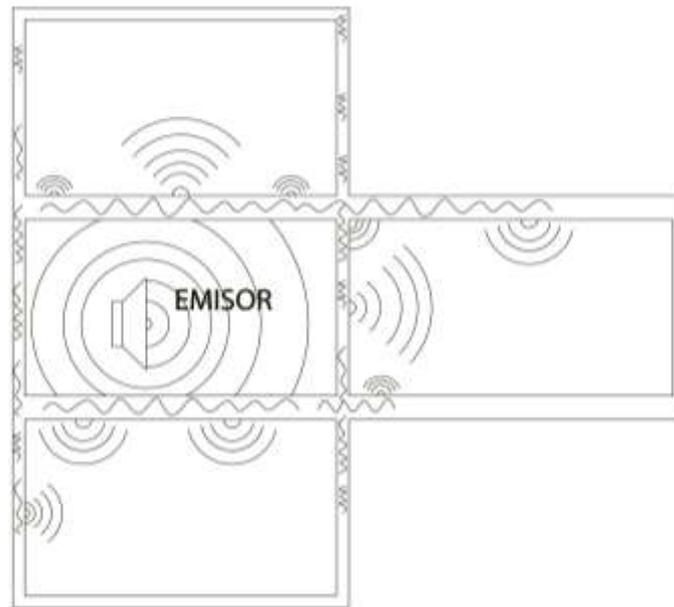
*Figura 1.* Comunicación entre emisor y receptor.

En la **Figura 1** se muestra la transmisión del mensaje o del sonido en la comunicación, siendo diversas las maneras o vías por las cuales se pueden transmitir y teniendo en cuenta que la interacción entre el emisor, camino y receptor están siempre presentes. Cabe mencionar que el ruido puede aparecer en cualquier punto y la transmisión del mensaje dependerá en su totalidad de las características de los caminos y del emisor.

## 2.3. La energía sonora transmitida en edificaciones

En edificaciones, la transmisión de ruido se puede dar por dos casos como es la transmisión de ruido aérea y por transmisión sólida.

La energía sonora transmitida por vía aérea o llevada por el aire, como por ejemplo el uso de electrodomésticos, equipos de sonido, ductos de ventilación, conversaciones a niveles considerables pueden ser transmitidas de uno a otro recinto, atreves de paredes porosas, grietas en paredes o puertas y cielos rasos adyacentes.



*Figura 2.* Transmisión de energía sonora.

La transmisión por vía sólida o el sonido que es transportado estructuralmente, es originada por fuerzas que son aplicadas directamente sobre alguna estructura en las edificaciones, como por ejemplo, el funcionamiento de máquinas en la edificación, como generadores eléctricos o las pisadas en plantas superiores. Las fuerzas que son transmitidas a los diferentes materiales constructivos como paredes, columnas, techos pisos son convertidas a vibraciones. Los materiales constructivos al encontrarse en estado de vibración, excitan al aire traduciéndose en sonido.

Cabe recalcar que el sonido no es necesariamente transmitido por vías directas, los materiales constructivos que se encuentran adyacentes a algún elemento constructivo el cual se encuentre en vibración, esta vibración es transmitida por varios caminos, como se puede apreciar en la **Figura 2**.

### **2.3.1. Ondas en elementos sólidos**

En materiales sólidos se encuentran diversos tipos de ondas, no solo se deberían considerar las ondas longitudinales las cuales producen vibración de los sólidos en la misma dirección en el que la onda sonora es propagada.

*Onda longitudinal:* Es llamada también onda de presión y compresión, ya que las partículas de los sólidos son empujadas en la misma trayectoria que la onda es transmitida, para luego regresar a su posición original, cuando es disminuida la energía de la onda que es transmitida; como se puede apreciar en la **Figura 3**.

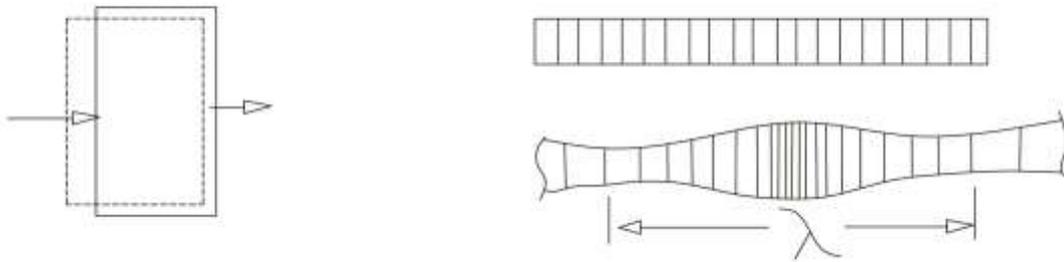


Figura 3. Onda longitudinal

*Onda de Cizallamiento:* Igualmente denominada onda de corte u onda S representada en la **Figura 4**, es definida como una onda volumétrica en la cual sus partículas se encuentran oscilando en un movimiento perpendicular a la dirección de la onda de propagación.



Figura 4. Onda de cizallamiento.

*Onda Torsional:* Asimismo llamada también onda rotacional, en la cual las partículas tienen una deformación por torsión cuando es afectada por la transmisión de la onda, como se puede visualizar en la **Figura 5**.

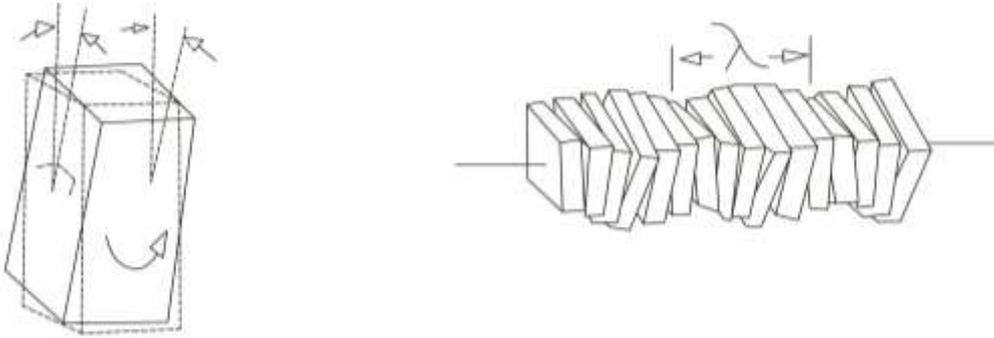


Figura 5. Onda torsional.

*Onda de Flexión:* Es un tipo de onda transversal, en la cual las partículas del sólido son deformadas por flexión por la onda propagada.



Figura 6. Onda de flexión.

## 2.4. Aislamiento acústico

Para la protección a la propagación de ruido al interior de las edificaciones, el aislamiento acústico es considerado un método el cual cuida de los ruidos que se originan en el exterior o interior al recinto de interés. Para un control de ruido adecuado es imprescindible conocer la naturaleza y comportamiento de la fuente generadora de ruido, al igual que sus vías de transmisión como lo examinamos anteriormente.

El aislamiento acústico en los recintos dependerá de los factores físicos propios de los elementos constructivos como es la porosidad, densidad y elasticidad de

los materiales de construcción. Como fue analizado precedentemente es muy complejo el analizar a fondo todas las vías de transmisión del ruido en los recintos, tanto por vía aérea o sólida. Por tal motivo analizaremos, las respectivas mediciones *in situ* para la medición de aislamiento acústico en recintos y sus elementos constructivos.

El grupo de normativas 140 las cual consta de 14 partes, tienen aplicaciones para Acústica en la edificación; describen procedimientos para mediciones para el aislamiento acústico en las edificaciones y los elementos de construcción. Las partes 4, 5, 7 y 14 son normativas aplicables para mediciones *in situ*, que son las de interés en el proyecto.

Es de suma importancia mencionar que en el transcurso de los últimos años estas normas han tenido ciertas modificaciones o en algunos casos han sido reemplazadas por nuevas, como es el caso de la normativa que se tiene como objeto este estudio.

*Medición de aislamiento acústico para ruido aéreo:* Para mediciones de ruido aéreo, se puede dividir en dos partes como son las mediciones de ruido aéreo de fachada y la medición de ruido aéreo entre locales.

- UNE-EN ISO 140-5:1999 Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones *in situ* del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y fachadas.
- UNE-EN ISO 140-4:1999 Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición *in situ* del aislamiento al ruido aéreo entre las habitaciones. Esta norma ya no se encuentra vigente y es reemplazada por la norma UNE-EN ISO 16283-1:2015.

- UNE-EN ISO 16283-1:2015 Acústica. Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

*Medición de aislamiento acústico para ruido de impacto:* UNE-EN ISO 140-7:1999 Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición *in situ* del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos. Esta normativa fue reemplazada por la normativa UNE-EN ISO 16251: 2015 Acústica. Medición en laboratorio de la reducción de la transmisión del ruido de impacto por revestimientos de suelo sobre un suelo de pequeñas dimensiones. Parte 1: Suelos pesados.

#### **2.4.1. Magnitudes físicas para el aislamiento acústico**

##### **2.4.1.1. Pérdida de transmisión de Ruido**

La pérdida por transmisión se puede cuantificar mediante un indicador; el cual es una relación logarítmica entre la energía transmitida y la energía incidente en el elemento constructivo a analizar, el cual por fórmula tiene:

$$PT = 10 \log \frac{1}{T_1} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En donde:

$T_1$  Es el coeficiente de transmisión acústica.

$$T_1 = \frac{\text{Energía sonora transmitida}}{\text{Energía sonora incidente}}$$

Cuando el coeficiente de pérdida de transmisión es un valor alto, el significado físico nos traduce a una baja transmisión de energía e inversamente con los valores bajos los cuales tienen alta transmisión de energía acústica por el elemento constructivo.

#### 2.4.1.2. Diferencia de Nivel

Mediante este índice, se puede precisar el nivel de reducción de ruido que tienen los distintos dispositivos y materiales constructivos, que cumplen con el propósito de aislantes acústicos. Este coeficiente es la diferencia de niveles de presión sonora (NPS), anterior y posteriormente a la instalación del dispositivo o material constructivo que mitiga el ruido.

$$D = NPS_1 - NPS_2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

$NPS_1$  Es el nivel de presión sonora de la instalación del dispositivo aislante.

$NPS_2$  Es el nivel de presión sonora, cuando el dispositivo se haya instalado.

Las mediciones que se deben realizar para la obtención de la diferencia de niveles, no solo depende de las propiedades de los materiales del dispositivo, se debe considerar otros factores como son: el correcto montaje del dispositivo, los materiales absorbentes del recinto, factores propios del recinto, volumen, orificios etc.

Es preferible el uso del índice de pérdida de transmisión, ya que este indicador involucra solo los factores de energía acústica incidente y energía acústica transmitida.

#### 2.4.2. Transmisión sonora entre dos medios

En dos medios los cuales denominaremos como: recinto emisor y recinto receptor; en donde se tiene como separación una superficie solida divisora. Al producirse un cambio en el medio del recinto emisor, como es la emisión de una onda plana progresiva la cual choca o incide en la superficie divisora de los medios; se produce una onda reflejada en el recinto emisor la cual dependerá

del ángulo de incidencia, originando en el segundo medio o recinto receptor una onda transmitida.

En la **Figura 7** podemos observar el comportamiento de una onda en dos medios que incide en una superficie XY.

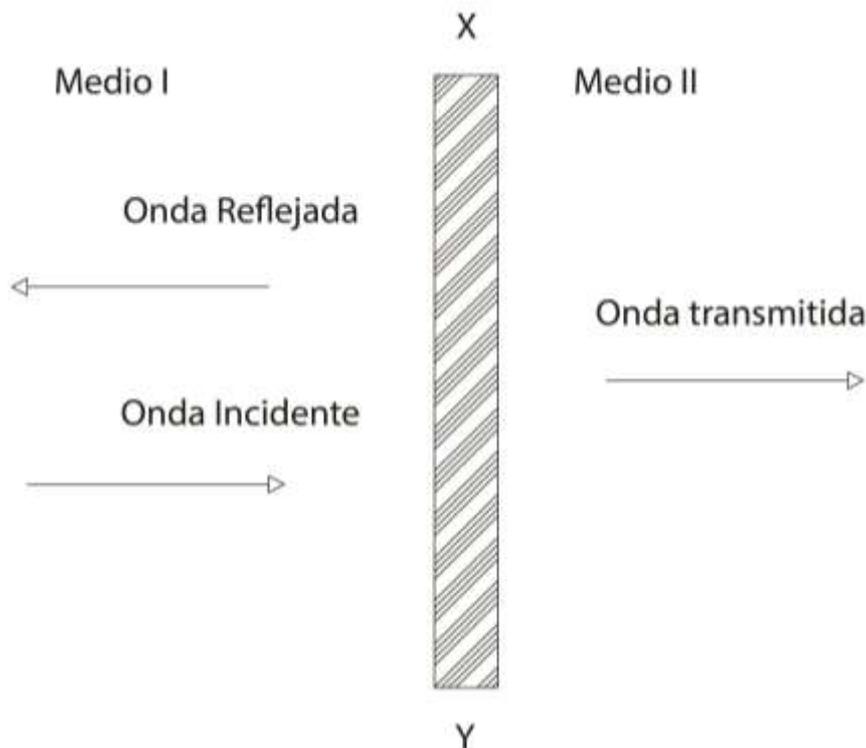


Figura 7. Propagación de una onda en dos medios.

### 2.4.3. Transmisión sonora entre dos espacios

El caso más común es el de transmisión sonora a través de una pared de partición, entre dos habitaciones la cual tiene un área igual a  $S_W$  y en donde el recinto emisor genera un campo difuso en donde genera una presión sonora  $p_s$ , produciendo una intensidad acústica sobre la superficie de la pared de partición de transmisión reflejada en la **Ecuación 3**, en el cual se transfiere una parte  $\tau$  de la potencia acústica total del recinto emisor hacia el recinto receptor descrita en la **Ecuación 4**.

$$I_s = \frac{p_s^2}{4\rho_0 c_0} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$W_r = I_s S_w \tau = \frac{p_s^2 S_w \tau}{4 \rho_o c_o} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El nivel de presión acústica que es transmitida en el recinto receptor dependerá de propiedades acústicas del recinto, es decir que es afectada por el campo reverberante y campo difuso, denotada en la **Ecuación 5**.

$$\frac{p_r^2}{\rho_o c_o} = \frac{p_s^2 S_w \tau}{R_r \rho_o c_o} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Podemos expresar la presión acústica en el recinto receptor en forma logarítmica utilizando la **Ecuación 6** en función la definición de pérdida de transmisión.

$$\Delta L_{TL} = -10 \log \tau \quad (\text{Ecuación 6})$$

A partir de las anteriores ecuaciones y conceptos podemos expresar la **Ecuación 7** de transmisión sonora para dos espacios reverberantes.

$$\bar{L}_r = \bar{L}_s - \Delta L_{TL} + 10 \log \left( \frac{S_w}{R_r} \right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

En donde:

$\bar{L}_r$  Es el nivel de presión promedio en el recinto receptor en dB.

$\bar{L}_s$  Es el nivel de presión promedio en el recinto emisor dB.

$\Delta L_{TL}$  Es la pérdida de transmisión del campo reverberante dB.

$S_w$  Es el área total de la partición de los recintos [ $m^2$  o  $ft^2$ ].

$R_r$  Es la constante del recinto receptor en [ $m^2$  o  $ft^2$  sabines].

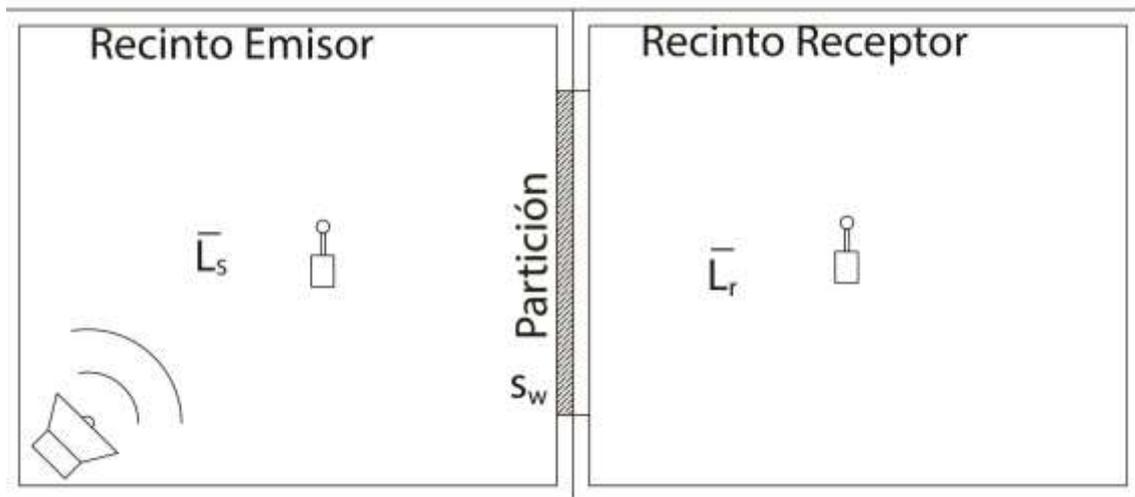


Figura 8. Transmisión sonora en dos medios.

#### 2.4.3.1. Propagación del sonido a través de múltiples materiales en la partición

Cuando dos habitaciones reverberantes están separadas por una partición compuesta por la pared y una ventana o una puerta, cada uno de estos materiales posee una pérdida de transmisión diferente y es controlada por el material el cual tenga la componente de transmisión más baja.

### 2.5. Dilucidación de aislamiento acústico a ruido aéreo

La clave para un óptimo aislamiento acústico, radica en impedir que el medio de transmisión, en este caso el aire, transite libremente entre el recinto emisor y el recinto receptor. Específicamente, se debe reprimir las vías de transmisión de paso directo entre los recintos, por medio de la instalación de materiales constructivos con propiedades como: resistividad al flujo de aire, rigidez dinámica y absorción acústica.

En la **Figura 8** podemos observar un claro ejemplo, en el cual tenemos el nivel de presión acústica incidente en el recinto emisor  $\bar{L}_s$ , mientras el nivel de presión acústica en el receptor es de  $\bar{L}_r$ , entonces el aislamiento acústico neto a ruido aéreo es definido por la diferencia de nivel del recinto emisor y el recinto receptor.

### 2.5.1. Aislamiento de una partición o pared simple

Una pared simple se la puede definir como, aquella en el que los puntos de masa sobre una misma normal no modifican su separación cuando la partición se encuentra en vibración. La pared puede estar formada por varias capas y espacios vacíos.

El aislamiento acústico de una pared simple y su comportamiento está regido por tres zonas como se puede apreciar en la **Figura 9**, las cuales se explican a continuación:

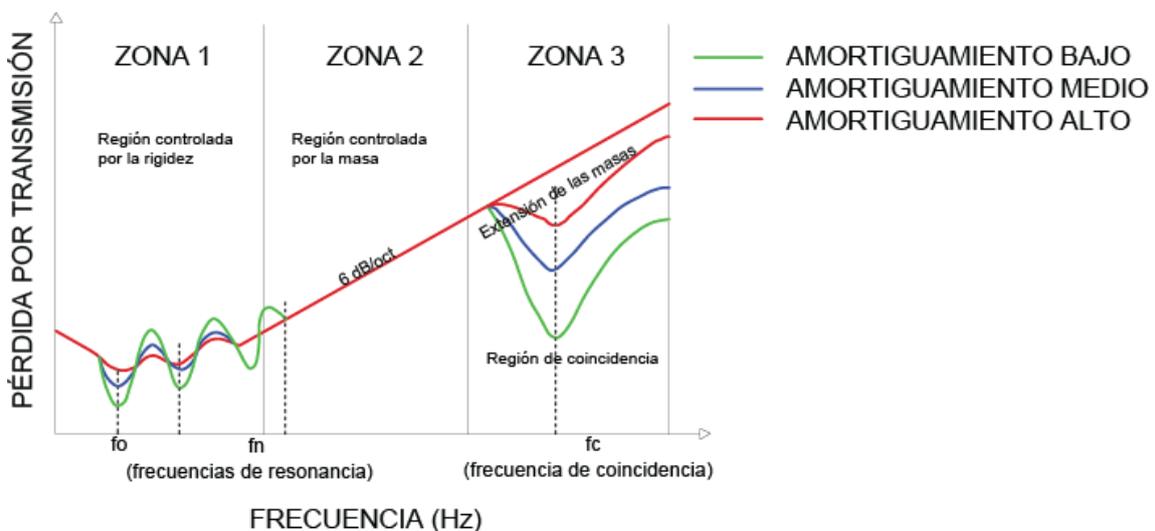


Figura 9. Aislamiento de una pared simple.

#### 2.5.1.1. Zona 1: Aislamiento por rigidez

Una de las características que posee un elemento o material constructivo, es la rigidez, la cual es cuantificada por la capacidad que tiene el elemento de sufrir deformaciones elásticas en presencia de una fuerza.

$$G \left[ \frac{N}{m} \right] = \frac{E \times d}{12(1 - \sigma^2)} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$E[N/m^2]$  Es el módulo de Young del material.

$d[m]$  Es el espesor de la pared.

$\sigma$  Es el coeficiente de Poisson del material.

El coeficiente de Poisson y de Young son los que definen la rigidez del paramento. En esta zona, esta característica influye en la absorción de varias frecuencias. En cuanto mayor sea la deformación de los materiales, mayor será la capacidad de transmisión y menor será su aislamiento.

### 2.5.1.2. Zona 2: Ley de masa

La segunda zona está controlada por la Ley de Masas, por lo cual la pérdida de transmisión sonora y las vibraciones serán controladas por la masa del panel o pared y es definida por la siguiente **Ecuación 9**:

$$R[dB] = 20 \times \log \left( \frac{M \times \omega}{2 \times Z} \right) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

$R[dB]$  Es el aislamiento.

$\omega[rad]$  Es la frecuencia angular, siendo  $\omega = 2 \times \pi \times f$ .

$M \left[ \frac{Kg}{m^2} \right]$  Es la masa por unidad de superficie.

$Z[rayls]$  Es la impedancia acústica del aire, en donde  $Z = 415$  a una temperatura de  $20^\circ C$  y a una humedad de 70%.

Se puede obtener las siguientes conclusiones:

1. El incremento de la transmisión acústica y pérdida de intensidad es de  $6dB$  al duplicar la frecuencia, de tal manera que el aislar problemas en altas frecuencias sería fácil con respecto a bajas frecuencias. El problema al complicarse el aislamiento en baja frecuencia es la

transmisión estructural en las edificaciones, ya sea en intensidades menores en donde el oído humano es menos sensibles.

- Al duplicar la masa por superficie de la pared, obtenemos un aumento de  $6dB$  en el aislamiento acústico. Es decir que el peso del paramento es proporcional a cuanto aísla una pared o panel. Por otra parte el hecho de aumentar la masa de los paramentos en las edificaciones, aparte de ser costoso no es una solución arquitectónica, existiendo otras soluciones viables como las paredes múltiples.

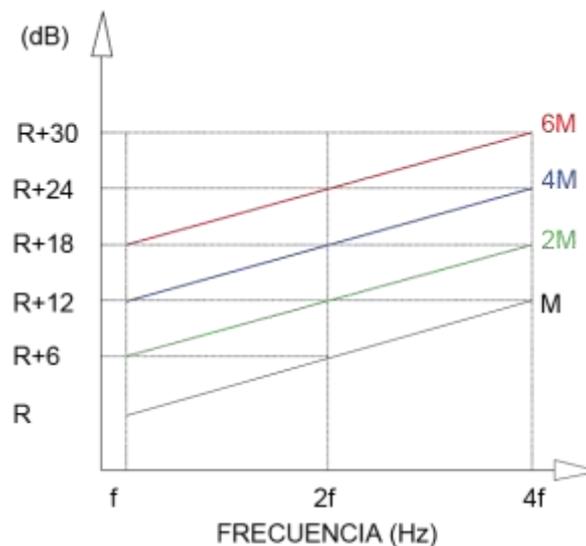


Figura 10. Duplicación de la masa en una pared.

En la **Figura 10**, podemos visualizar el aumento de aislamiento acústico al duplicar la masa de una pared o barrera, obteniendo un incremento de  $6 dB$  en el aislamiento acústico cada vez que duplicamos la masa superficial de una pared.

### 2.5.1.3. Zona 3: Efecto de coincidencia

Un sistema mecánico el cual consta de masa, rigidez y amortiguamiento puede asemejarse a una pared, en donde el sistema tiene frecuencia de resonancia y al coincidir con una onda puede entrar en vibración.

En esta zona se encuentra la frecuencia crítica o frecuencia de coincidencia, en donde dependerá de características como rigidez y grosor del material, cuando mayor grosor y rigidez posea el material más baja será la frecuencia de coincidencia.

Su ecuación viene dado por:

$$f_c [Hz] = \frac{6.4 \times 10^4}{d} \times \sqrt{\frac{\rho_o \times (1 - \sigma^2)}{E}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

$d$  Es el espesor del seto.

$\rho_o$  Densidad del material en  $\frac{Kg}{m^3}$ .

$\sigma$  Coeficiente elástico de Poisson del material.

$E$  Modulo de elasticidad de Young del material  $N/m^2$ .

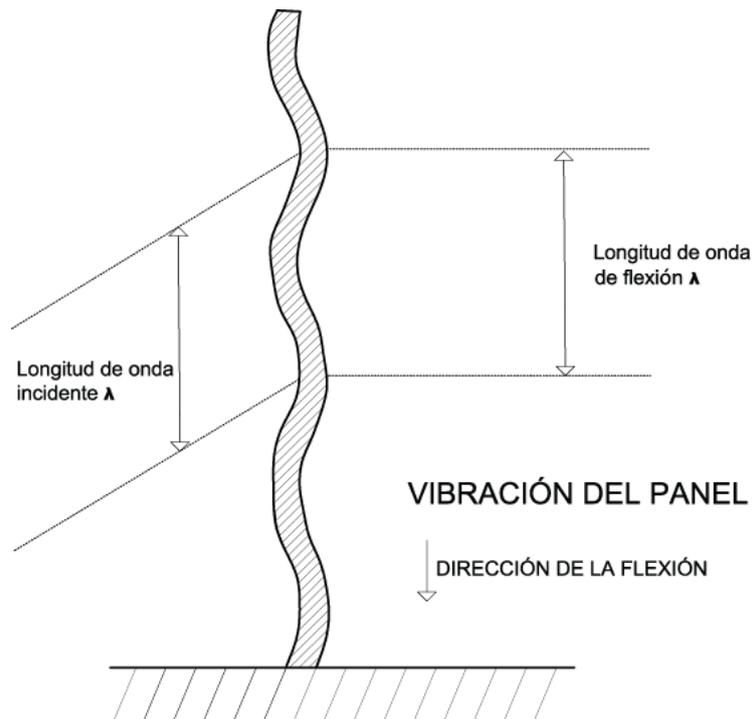


Figura 11. Efecto de flexión en una pared.

En la **Figura 11** podemos observar el fenómeno producido al coincidir la longitud de onda de una frecuencia en una pared, provocando la flexión del panel y por lo tanto originando vibraciones en su cuerpo.

### **2.5.2. Aislamiento de paredes dobles o múltiples**

Como se mencionó anteriormente, el aumentar o el duplicar la masa superficial de las tapias no es una solución viable para lograr alcanzar un mejor aislamiento acústico, la técnica de emplear la pérdida de transmisión sonora por fases utilizando paredes de capas delgadas a cierta distancia una de la otra, resulta ser una mejor opción.

El método de paredes múltiples aporta con un mayor nivel de aislamiento debido a la separación una de la otra, forjando a que la onda sonora traspase por una cámara de aire formada por ambas paredes, ocasionando una pérdida de energía acústica debido al cambio de medios de diferente impedancia acústica.

El sistema de pared doble y múltiples, tendrán la máxima eficacia mientras no tengan ningún acoplamiento entre ellas, de esta manera no podrán ejercer alguna fuerza la una pared a la otra y evitar la transmisión entre ambas.

La **Figura 12** representa las principales vías de transmisión sonora entre una pared doble, entre las cuales tenemos:

- Transmisión por junta de unión: es aquella transmisión que puede ser suscitada debido a la instalación de acoplamientos entre dos paredes.
- Transmisión por puente acústico: sucede en el momento en el que entre la pared doble existe un ensamble rígido.
- Transmisión a través de estrato de separación: las ondas sonoras son transmitidas por medio de la superficie sobre la cual está instalada la pared doble.

## VÍAS DE TRANSMICIÓN DE SONIDO EN PAREDES DOBLES

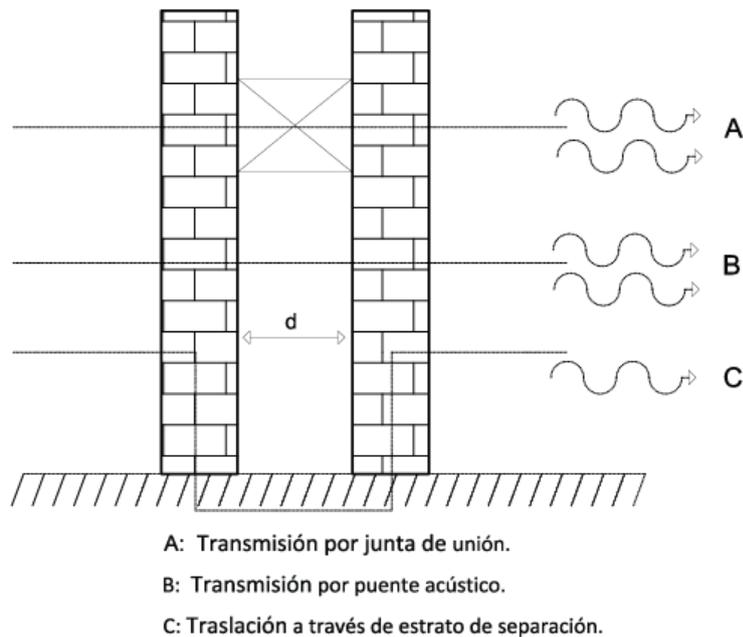


Figura 12. Vías de transmisión sonora en paredes dobles.

### 2.5.2.1. Resonancia en paredes dobles

El sistema de dos paredes se puede representar por un sistema mecánico integrado por MASA-MUELLE-MASA, las paredes son representadas por las masas y el espacio entre las paredes o cámara de aire está representada por el muelle elástico. El sistema tiene la capacidad de entrar en vibración cuando una onda coincide con su frecuencia de resonancia y es expresada por la **Ecuación 11**:

$$f_r [Hz] = k \times \sqrt{\frac{1}{d} \times \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)} \quad (\text{Ecuación 11})$$

En donde:

$f_r [Hz]$  Es la frecuencia de resonancia.

$k$  Es la constante igual a 60 si es una cámara vacía o 43 si la cámara está compuesta por material absorbente.

$d$  [m] Es la distancia de una pared a otra.

$M_1$  y  $M_2$  Son las masas de las paredes.

El sistema de resonancia entre paredes dobles, puede ser simbolizada por la **Figura 13**, en la cual se muestra una análoga mecánica de dicho sistema.

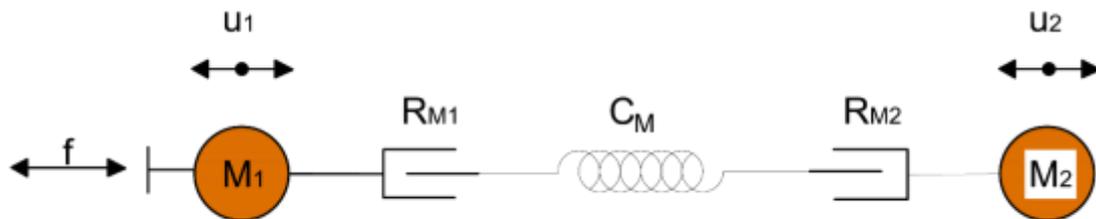


Figura 13. Análogo mecánico.

Donde:

$f$  [N] Es la fuerza con la cual el sonido penetra en la pared.

$M_1$  y  $M_2$  [Kg] Representa la masa de la pared correspondiente.

$u_1$  y  $u_2$   $\left[\frac{m}{s}\right]$  Equivale a la velocidad en la cual las partículas se desplazan de cada pared.

$R_{M1}$  y  $R_{M2}$   $\left[N \cdot \frac{s}{m}\right]$  Son las resistencias mecánicas de las paredes correspondientes.

$C_M$   $\left[\frac{m}{N}\right]$  Corresponde a la complacia mecánica que existe entre las dos paredes.

El sistema mecánico MASA-MUELLE-MASA visto en la **Figura13**, tiene el siguiente comportamiento:

La transmisión de ondas sonoras que son emanadas con una componente de fuerza  $f$  la cual incide en la pared con características como es la masa  $M_1$ , la cual produce un desplazamiento en las partículas de la pared con una velocidad

de  $u_1$ . La pared debido a sus coeficientes de los materiales como es el módulo de elasticidad del cual está compuesto, presenta una resistencia al movimiento de dichas partículas, es decir que presenta una resistencia al paso de ondas sonoras. La compliancia mecánica entre las paredes  $C_M$  es la representación de la cámara de aire entre las dos paredes ya que es un cambio de medio, para luego transmitir a la segunda pared el proceso inverso a esta, tomando en cuenta que la energía sonora ha sufrido cambios en todo el proceso.

### 2.5.2.2. Ondas estacionarias en la cámara

Este fenómeno se origina en el interior de la cavidad o cámara entre las dos paredes, en el momento en el que las ondas inciden perpendicularmente al coincidir la longitud de la onda en  $\lambda/2, \lambda$  y  $3\lambda/2$ , etc con la distancia  $d$  entre las paredes para las frecuencias que describe la ecuación:

$$f_n[\text{Hz}] = n \times \left( \frac{c}{2d} \right) \quad (\text{Ecuación 12})$$

Para las cuales:

$c \left[ \frac{m}{s} \right]$  Es la velocidad del sonido, 343 a una temperatura de 20°C.

$d[m]$  Distancia entre las paredes.

$n$  Son los modos de vibración, que toman el valor de 1, 2, 3, 4, 5 ...

Este acoplamiento se puede solucionar instalando material absorbente, el cual convenga según sus coeficientes de absorción. La instalación del material debe ser cuidadosa de no formar ensambles rígidos entre las paredes.

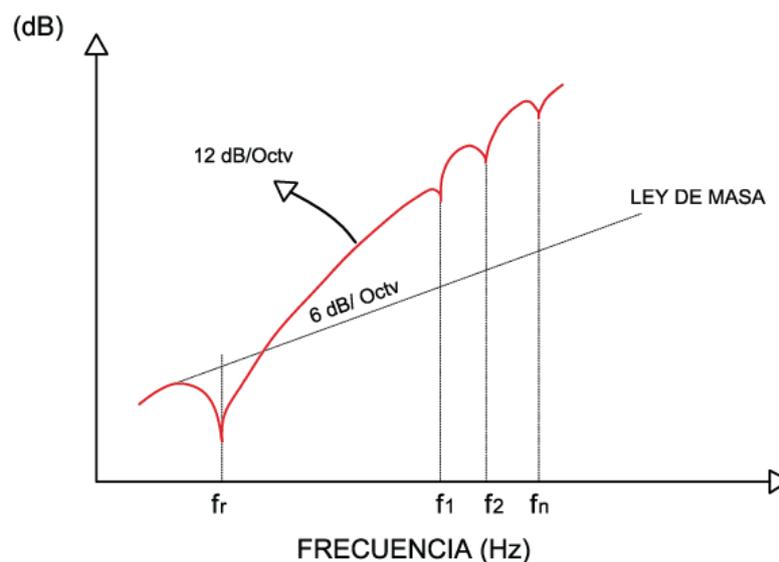
### 2.5.2.3. Ensamblés rígidos o puentes acústicos

Los ensambles rígidos, puede ser llamados también puentes acústicos, denominados de esta manera por su fácil transmisión de ondas acústicas, debiendo evitar este tipo de situaciones por su reducción en el aislamiento acústico de las paredes. Si es el caso de usar necesariamente estos ensambles,

se debe emplear un material blando y según el caso aplicar, para paredes pesadas un material ligero y viceversa.

Por lo tanto, una pared doble incluyendo sus problemas de acoplamiento ya antes mencionados, adquirirá el siguiente comportamiento expresado en la **Figura 14**.

## COMPORTAMIENTO DE UNA PARED DOBLE



*Figura 14.* Comportamiento en función de la frecuencia de una pared doble.

De la **Figura 14** podemos dilucidar algunos comportamientos de las paredes dobles en función de su frecuencia como son:

- Aun para paredes dobles es muy difícil controlar la transmisión de ondas en baja frecuencia, puesto que por debajo de la frecuencia de resonancia este sistema se comporta al igual que una pared simple y su aislamiento esta descrita por la siguiente ecuación.

$$R[dB] = 20 \times \log(f \times (M_1 + M_2)) - 47 \quad (\text{Ecuación 13})$$

- Superior a la frecuencia de resonancia, la conducta del sistema es influenciada principalmente por el espesor y el coeficiente de absorción del material acústico el cual es instalado en el espacio vacío entre las dos paredes y su ecuación representa la sumatoria de los aislamientos de las dos paredes.

$$R[dB] = R_1 + R_2 - \left[10 \times \log \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{4}\right)\right] \quad (\text{Ecuación 14})$$

- Para frecuencias cercanas a la frecuencia de resonancia, el aislamiento acústico viene dada no solo por la sumatoria del aislamiento de ambas paredes, sino también por la atribución del amortiguamiento mecánico del sistema.

$$R[dB] = R_1 + R_2 + 10 \times (\log d) + 10 \times (\log k) \times \alpha + 10 \times \left(\log \frac{h+b}{h \times b}\right) + 3 \quad (\text{Ecuación 15})$$

En donde:

$k = 0.1$  Para  $d = 0.1[m]$ .

$k = 0.2$  Para  $d = 0.2[m]$ .

$k = 0.5$  Para  $0.3[m] < d < 0.5[m]$ .

$h[m]$  y  $b[m]$  Son las medidas de la pared a aislar.

En conclusión podemos decir que el aislamiento en paredes dobles es superior a la de una pared simple, siempre y cuando las frecuencias sean superiores a la frecuencia de resonancia, obteniendo un incremento de 12 dB por octava en vez de 8 dB por octava de una pared simple.

#### 2.5.2.4. Aislamiento en vanos

Los elementos constructivos que están destinados para ser instalados en cualquier superficie no compactan como puertas y ventanas, tienen algunas desventajas en cuanto al aislamiento acústico. Al ser construidos con materiales

menos densos que las paredes en una edificación, disminuyen el aislamiento acústico global en un recinto no solo debido a las características de los materiales que los componen sino al ser mal instalados y dejar pequeñas aberturas en sus componentes.

Existen diversas técnicas para poder resolver los problemas en ventanas antes mencionados, instalando ventanas con mayor espesor o ubicando vidrios dobles con diferentes espesores en las ventanas, e inclinando una de estas.” Al incorporar material absorbente en los marcos de las ventanas aumenta el aislamiento acústico en 6 o 7 *dB*.” (Borja, 2011, p. 11)

En el caso de las puertas, el aislamiento disminuye al no poseer un selle hermético debido a su fabricación, por aberturas entre el suelo y la puerta, como igualmente las aberturas que surgen alrededor de su marco por un incorrecto ensamblaje. “Disminuyendo el aislamiento de 3 a 5 *dB* y al ser selladas las grietas un aumento de 5 a 7 *dB*.” (Borja, 2011, p. 11)

Claramente el aislamiento global es directamente afín con la superficie total que ocupe cada uno de los materiales constructivos como paredes, puertas, ventanas y columnas. En donde, a mayor área de cobertura de un elemento, el aislamiento global será predominado por las características acústicas que conforman el material de construcción de dicho elemento.

### **2.5.3. Parámetros para el aislamiento acústico**

*Diferencia de niveles D:*

$$D = L_1 - L_2 [dB] \quad \text{(Ecuación 16)}$$

$L_1$  Nivel de presión acústica en el recinto emisor [*dB*].

$L_2$  Nivel de presión acústica en el recinto receptor [*dB*].

*Diferencia de niveles normalizada  $D_n$ :*

$$D_n = D - 10 \log \left( \frac{A}{A_0} \right) [dB] \quad (\text{Ecuación 17})$$

$D$  Es la diferencia de niveles.

$A$  Es el área en  $[m^2]$  de la superficie absorbente en el recinto receptor.

$A_0$  Es el área en  $[m^2]$  de recintos comprobables, con un valor de  $10m^2$ .

*Diferencia de niveles estandarizada  $D_{nT}$ :*

$$D_{nT} = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) [dB] \quad (\text{Ecuación 18})$$

$D$  Es la diferencia de niveles.

$T$  Es el tiempo medido de reverberación en el recinto receptor.

$T_0$  Es el tiempo de reverberación de referencia para viviendas con un valor igual a  $0.5 [s]$ .

*Índice de reducción acústica aparente  $R'$ :*

$$R' = D + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) [dB] \quad (\text{Ecuación 19})$$

$D$  Es la diferencia de niveles.

$S$  Es el area de la separación en  $m^2$ .

$A$  Es el coeficiente de absorción equivalente donde:

$$A = \frac{0.16 \times V}{T} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde  $V$  es el volumen del recinto en  $m^3$  y  $T$  es el tiempo de reverberación.

## **2.6. Muestreo**

En diversas investigaciones estadísticas los datos acopiados de información son desarrollados mediante el estudio por muestras o muestreo, para posteriormente ser analizadas y obtener conclusiones acerca de la población que fue sometida a estudio, fundamentadas en inferencia estadística.

### **2.6.1. Fundamentos de Muestreo**

La toma de datos para la investigación de una población a través de un estudio por muestreo, se puede dividir en los dos casos siguientes:

- Establecer un sondeo completo de toda la población, entregara como resultado la información de cada uno de los elementos de la población de estudio.
- Del sondeo parcial o por muestras, se obtendrá un ejemplo de toda la población estudiada. De esta manera tendremos un ejemplar del cual podremos deducir conclusiones y resultados para toda la población.

### **2.6.2. Población**

El termino población en epidemiología, es el conjunto total o al que podríamos denominar conjunto universo de objetos, personas, animales, cosas, con características semejantes de los cuales se recoge suficiente información para su estudio.

### **2.6.3. Muestra**

La muestra es un conjunto de menor tamaño, que contiene elementos escogidos del conjunto universo.

Para poder obtener una muestra significativa de la población, es necesario escoger una cantidad adecuada de elementos randomicos, en donde los elementos seleccionados representen e incluyan adecuadamente a la población.

#### 2.6.4. Unidad muestral

Se define como un elemento individual de la población, los cuales son elegidos para la muestra.

#### 2.6.5. Marco muestral

Es una parte de la población que se escoge como muestra, en donde el mejor de los casos coincide con el tamaño total de la población pero por motivos económicos solo se escoge una parte, a la cual luego de obtener resultados y conclusiones se podrá aplicar a toda la población sin la necesidad de conocer todos los elementos de la población.

Las ventajas y las desventajas de la obtención de una muestra están reflejadas en la **Tabla 1**.

#### 2.6.6. Muestreo aleatorio simple

Para el muestreo aleatorio simple hay que tener a consideración los anteriores enunciados con respecto a la toma de la muestra, en donde es necesario el seleccionar elementos randomicos que sean una representación fehaciente de la población.

“La mayoría de sondeos tienen uno de os tres objetivos siguientes: estimar el total poblacional  $\tau$ , o estimar la media de una población  $\mu$ , o estimar la proporción poblacional  $p$ .” (Galindo, 2010, p. 383).

#### 2.6.7. Estimación del total poblacional

En una población que está conformada por un total de elementos  $N$ , en la cual se desea estimar la característica  $x$  de cada elemento de la población  $x_1, x_2 \dots \dots x_N$ . Definiendo la estimación total poblacional por:

$$\tau = \sum_{i=1}^N x_i = N\mu \quad (\text{Ecuación 21})$$

En el cuál,  $\mu$  es la media poblacional.

Tabla 1.

## Ventajas y desventajas de la muestra

Ventajas	Desventajas
1 El coste del proyecto se reduce.	No se puede recopilar toda la información de todos los elementos de la población.
2 El tiempo para la recolección de muestras es menor.	Si se requiere información muy desagregada, para subconjuntos pequeños de elementos.
3 Información de mejor calidad.	Cuando el personal técnico no es competente y el equipamiento no es el adecuado para el diseño muestral.
4 Es utilizada cuando el número de elementos que conforman la población es extenso o indefinido.	
5 Convenientemente en los casos que el procedimiento de medida de cada elemento tiene riesgo al ser humano.	

**2.6.8. Estimación de la media Poblacional**

Se emplea cuando se quiere estimar la media poblacional, basándose en la información recolectada por el muestreo.

**2.6.9. Estimación de la proporción poblacional**

“Este estimado es el más empleado en las investigaciones de mercado y sondeos políticos.” (Galindo, 2010, p. 386).

Mediante este estimado se calculará el tamaño de la muestra para el proyecto, debido a ser el mejor método que representara correctamente a toda la población.

**2.6.10. Intervalo de confianza**

Rango de valores, procedente de la muestra que reflejan un porcentaje de exactitud al calcular una medida desconocida de la población.

Un nivel de confianza de  $(1 - \alpha) \times 100\%$ , para una población  $p$  se fija mediante la ecuación:

$$\left( \hat{p} - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N}}; \hat{p} + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N}} \right) \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

$N$  Número de elementos de la población.

$n$  Número de elementos de la muestra.

$\hat{p}$  Estimación de la proporción, siendo

$\hat{p} = \frac{y}{n}$ ,  $y$  Es el número de elementos que responden a favor en el sondeo.

$\hat{q} = 1 - \hat{p}$

$\hat{t}$  Es la estimación total poblacional igual a  $N\bar{x}$ .

$\bar{x}$  Es el promedio de la muestra.

$s$  Es la desviación estándar de la muestra.

$\frac{z_{\alpha}}{2}$  Es el coeficiente de la ley normal estándar, donde el área en el extremo superior es igual a  $\frac{\alpha}{2}$ .

### 2.6.11. Tamaño de la muestra

Para poder obtener un error prefijado  $E_p$ , al nivel de confianza de  $(1 - \alpha) \times 100\%$ , a partir de la población  $N$  es:

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 N \hat{p} \hat{q}}{NE_p^2 + (z_{\alpha/2})^2} \quad (\text{Ecuación 23})$$

En los casos que no se conozca el valor de  $\hat{p}$ , tomamos el tamaño máximo de la muestra siendo  $\hat{p} = \hat{q} = 0.5$ .

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 N}{4E_p^2 + (z_{\alpha/2})^2} \quad (\text{Ecuación 24})$$

## **2.7. Revisión de la normativa UNE-EN ISO 717-1**

Para poder hacer las respectivas evaluaciones de aislamiento acústico a las distintas edificaciones y elementos constructivos que se tomaron como muestra para este proyecto; es indispensable una exanimación de la normativa 717-1.

En esta sección se desarrolla un breve recorrido de todos los cambios desde sus inicios de la normativa 717-1, hasta la actualidad.

### **2.7.1. Antecedentes**

La primera guía para la evaluación del aislamiento acústico, consta del año 1960 y lleva el nombre de ISO/R 140. Ulteriormente, se desarrolló la normativa ISO/R 717, en el año de 1968 siendo la primera guía internacional para la evaluación de aislamiento acústico, procedente de investigaciones realizadas en Alemania. En esta guía internacional se introdujeron curvas de referencia de aislamiento, las cuales toleraban una desviación de  $8 \text{ dB}$  en cada una de las bandas de tercio de octava.

Al inicio esta normativa se utilizaba con el propósito de comparar los valores de aislamiento, para posteriormente surgir el indicador “Rm”, el cual tenía como finalidad el tomar como valor único el promediado de los valores por bandas de tercio de octava, del rango de frecuencia entre 100 a 3150 Hz.

En una nueva revisión que se dio en el año 1982, la normativa internacional ISO 717 ya contaba con el desarrollo en tres partes para el aislamiento acústico. En la cual contenía aislamiento a ruido aéreo, aislamiento a ruido aéreo en fachada y aislamiento a impacto.

Por otro lado, el país de Francia tomo como referencias otras curvas, correspondientes a sus investigaciones, dando origen a los descriptores Rosa y Rruta, los cuales son valores en ponderación A de la diferencia de los espectros sonoros de ruido rosa y del ruido de tráfico.

La posterior norma actualizada en el año de 1982, buscaba juntar los procedimientos descritos por los países de Alemania y Francia para la aplicación

de un rango espectral de 50 Hz a 5000 Hz y la reforma de la normativa ISO 140-4.

En la actualidad la normativa ISO 717 está dividida en dos partes, ISO 717-1:2013. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo e ISO 717-2:1996 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos. En donde poseen un total de 48 descriptores para ruido aéreo, fachada e impacto. Además de incluir términos de corrección espectral C y Ctr.

### **2.7.2. Perspectiva actual**

La sociedad actual se preocupa cada vez más por el confort en la vivienda, adquiriendo viviendas con ciertos estándares de calidad entre los cuales se espera que tenga un aislamiento acústico óptimo y adecuado. Debido a que “el ruido entre vecinos, se ubica en el segundo lugar en causar molestias de ruido posteriormente al ruido de tráfico.” (Álvarez Santos, 2013, p. 13)

El desarrollo tecnológico para el confort y la compra de distintos dispositivos digitales, influyen en la emisión de mayores niveles energéticos en las componentes de baja frecuencia, demandando un mayor aislamiento acústico en las edificaciones.

La instalación de materiales livianos en la construcción, empleados principalmente por su fácil y rápido montaje; genera problemas graves en el aislamiento. Además de descuidan parámetros de confort acústico, constituidos principalmente por la emisión de un nivel adecuado de presión sonora en el interior del recinto y la ausencia de ruidos molestos producidos por el ruido de tráfico o de los recintos colindantes.

Es muy importante notar que en ocasiones es más desagradable el no tener intimidad en el interior del recinto, que escuchar conversaciones ajenas. Por lo

tanto se debe tomar en cuenta las afectaciones tanto como emisor y receptor de ruido.

A nivel técnico; el uso de un valor único como descriptor de los elementos constructivos, llega a ser insuficiente debido a los distintos comportamientos en bajas frecuencias como en altas frecuencias en los recintos, dando como resultado una incertidumbre considerable en las mediciones realizadas en baja frecuencia. Lo cual implica una complicación en las características de repetibilidad y reproducibilidad cuando se extiende el estudio por debajo de los 250 Hz.

La excitación por medio de una fuente generadora de ruido en las mediciones *in situ* es una de las limitantes, debido a que la fuente debe cumplir con requisitos tecnológicos suficientes como para poder excitar adecuadamente el recinto, así como también el excitar el micrófono del sonómetro para poder captar una óptima muestra tanto en el rango de nivel de presión sonora como frecuencialmente, razones por las cuales resulta difícil de cumplir con estos requisitos.

A pesar de las restricciones que tienen los métodos para la evaluación hay campos favorables que son evidenciados como la mejora de la correlación subjetiva para el valor único al incluir las bandas de 50, 63 y 80 Hz.

“Se han realizado numerosos *listening test* y encuestas las cuales revelan que no todos los países perciben igual la problemática en cuanto a bajas frecuencias.”(Álvarez Santos, 2013, p. 38)

El estudio de la percepción en cuanto a bajas frecuencias, conlleva a los análisis socioculturales en donde por objeto de estudio se tiene a los diferentes comportamientos y actividades diarias que realizan los habitantes de las edificaciones. El factor climatológico como también los hábitos adquiridos, son

factores importantes que también contribuyen a la percepción de bajas frecuencias.

### **2.7.3. Importancia de la exanimación a la norma UNE-EN ISO 717**

La actual normativa 717 se halla en un proceso de actualización y cambios en su contenido. Los cambios e implementación de nuevos métodos tanto a nivel técnico como al igual que el cálculo para evaluación de valores únicos, están reflejados en el documento NWIP/ISO 16717-1.

Los aspectos los cuales entraron a exanimación en el año 2008 fueron los siguientes:

Como fue mencionado anteriormente existen muchos descriptores tanto para ruido aéreo como para ruido de impactos que se emplean distintamente en diferentes países. Uno de los objetivos de la revisión, fue la reducción de estos descriptores de ruido teniendo en cuenta principalmente que los informes entregados anteriormente para que puedan ser válidos. Es decir que los antiguos valores calculados con el patrón 717 puedan ser convertidos a los nuevos, siempre y cuando el rango de frecuencia es el mismo para el análisis.

Incrementar el rango de estudio tanto para altas y bajas frecuencias de 50 Hz a 5000 Hz, añadiendo las bandas de 40, 63 y 80 Hz en bajas frecuencias y las bandas de 4000 y 5000 Hz para altas frecuencias.

Se pretende considerar la normalización del tratamiento de ruido aéreo y el de impacto, considerando que para el ruido aéreo se estimaba índices de reducción acústica mientras que para el ruido impacto se expresaba en niveles de presión, teniendo una discrepancia al momento en el que se comparaban ambos resultados. Mientras que, al ser mayor el valor de índice de reducción de ruido representaba un mayor aislamiento; el nivel de presión en el ruido de impacto al ser mayor detallaba una menor percepción del aislamiento.

## 2.7.4. Propuestas

### 2.7.4.1. Campo de aplicación y espectros

Se propusieron 4 espectros al principio, descritos a continuación:

- *Living Noise*: Este espectro detalla ruidos provocados por vecinos o colindantes, en la cual presenta niveles de sonidos característicos emitidos comúnmente al interior de las viviendas.
- *Traffic Noise*: El ruido de tráfico es el espectro que describe al ruido producido en los exteriores, principalmente para evaluar fachadas.
- *Speech Noise*: Esta curva es principalmente utilizada cuando la emisión de niveles de presión sonora en una conversación o del habla generan molestia; cuantifica la inteligibilidad de la palabra.
- *Impact Noise*: Utilizado para el aislamiento a ruido por impactos.

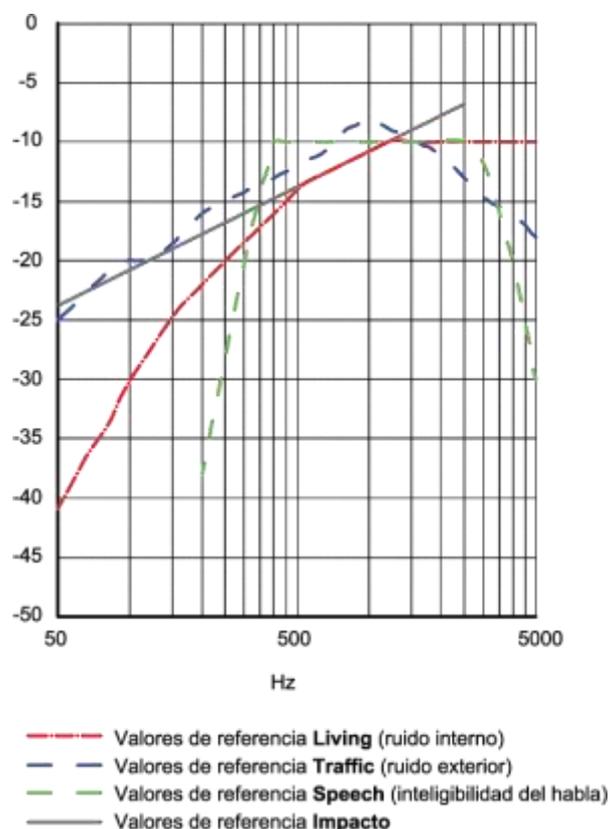


Figura 15. Curvas referenciales propuestas.

Naturalmente el rango de aplicación para cada uno de los espectros propuestos, debe coincidir con el tipo de medición que se requiera analizar. En la mayoría de los espectros de referencia están definidos en el rango de 50 Hz a 5000 Hz, con excepciones para los espectros *Speech Noise* e *Impact Noise*; ya que debido a su naturalidad se cuantifican de una manera más eficiente en los rangos de 200 Hz a 5000 Hz y de 50 Hz a 2500 Hz respectivamente como detalla la **Figura 15** y la **Tabla 2**.

Tabla 2.

Valores de espectros propuestos NWIP 16717

Frecuencia [Hz]	Living	Traffic	Speech	Impact
50	-41	-25		-23.8
63	-37	-23		-22.8
80	-34	-21		-21.8
100	-30	-20		-20.8
125	-27	-20		-19.8
160	-24	-18		-18.8
200	-22	-16	-38	-17.8
250	-20	-15	-28	-16.8
315	-18	-14	-18	-15.8
400	-16	-13	-10	-14.8
500	-14	-12	-10	-13.8
630	-13	-11	-10	-12.8
800	-12	-9	-10	-11.8
1000	-11	-8	-10	-10.8
1250	-10	-9	-10	-9.8
1600	-10	-10	-10	-8.8
2000	-10	-11	-10	-7.8
2500	-10	-13	-10	-6.8
3150	-10	-15	-13	
4000	-10	-16	-20	
5000	-10	-18	-30	

## 2.8. Incertidumbre en la medida

Al momento de expresar un resultado de un estudio en el cual ha tenido por objetivo el evaluar una magnitud de un elemento físico cuantificable, es de suma importancia expresar cuantitativamente la calidad de los resultados obtenidos.

Uno de los objetivos al calcular la incertidumbre de medida es el poder comparar los resultados de la misma medida con otros entre sí y con otros valores que constan en normativas. Para ello la Guía de Incertidumbre de Medida (GUM), establece un procedimiento reconocido mundialmente para la expresión de la incertidumbre.

El método que se detalla en la GUM es aplicable a todas las mediciones, como también es un método el cual se puede conseguir directamente a través de las distintas contribuciones que afectan la medida y es transferible; es de decir que se puede adjuntar directamente en los resultados.

Consecuentemente al implantar los sistemas de calidad en los laboratorios de ensayos, se introdujo la expresión de la incertidumbre en los resultados de informe de los ensayos; información la cual no se presentaba hace algún tiempo atrás. Entregando los resultados al cliente en un rango o intervalo de confiabilidad practico con lo requerido en las normativas.

### **2.8.1. Conceptos**

#### **2.8.1.1. Mesurando o magnitud de salida**

Se puede definir como mesurando o magnitud de salida  $Y$  a aquella que se es capaz de ser medida o cuantificada. Estas magnitudes en su mayoría son lineales en donde a su vez dependen de una función de otras magnitudes de entrada  $X_i (i = 1, 2, 3, \dots, X_n)$ .

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (\text{Ecuación 25})$$

Siendo la función  $f$  el procedimiento de la medición y el método de cálculo para la evaluación de resultados a través de magnitudes de entrada  $X_n$ . Las magnitudes en entrada pueden depender de otras magnitudes pudiendo ser una función más compleja la cual se podría determinar en base a experimentación, algoritmos de cálculo o como una combinación.

Las magnitudes de entrada y de salida deben ser tratadas como variables aleatorias ya que pueden tener cualquier valor en una distribución de probabilidad.

Las magnitudes de entrada de la función pueden distinguirse entre ellas en cómo se obtienen el valor de su magnitud y el cálculo para su incertidumbre:

- *Magnitudes e incertidumbre asociada a la medición.*

Estas magnitudes son medidas en base a una única medición o mediciones repetidas en donde las variaciones de las condiciones de medición como los factores ambientales y lecturas del instrumento de medición afectan al resultado final.

- *Magnitudes e incertidumbre asociadas a factores externos.*

Los factores externos están relacionados a magnitudes que se obtienen a través de documentos; como las calibraciones certificadas del instrumento en donde los equipos se han puesto a evaluación para el correcto funcionamiento y han sido certificados y corregidos todos sus efectos. Estos documentos reportan las correcciones pertinentes hechas al instrumento de medición.

#### **2.8.1.2. Tipos de evaluación de incertidumbre**

Introduciremos algunos términos que facilitaran la comprensión de los tipos de evaluación:

- *Desviación típica:* Representa la variabilidad de las medidas, en donde se cuantifica la desviación de cada medición con respecto al promedio de todas las mediciones  $x_i - \bar{x}$ . La desviación típica o estándar  $\delta$ , de las mediciones  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  se define como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de todas las medidas, con respecto al promedio  $\bar{x}$ , dividida para el número de mediciones  $n$  menos 1.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Ecuación 26})$$

- *Incertidumbre típica de medida:* Es expresada por  $u(y)$ , la cual representa la incertidumbre típica de medida del medido  $Y$ , en donde es determinada por los valores de entrada  $x_i$  y las respectivas incertidumbres típicas asociadas a los valores de cada entrada  $u(x_i)$ .
- *Incertidumbre típica relativa a la medida:* Es la incertidumbre típica de medida adjunta a un valor estimado, dividida para su respectivo modulo.
- *Incertidumbre típica combinada:* Es calculada en base a valores de otras magnitudes y es representada como  $u_c$ .
- *Incertidumbre expandida:* Está determinada por un porcentaje o rango de nivel de confianza en el cual se encuentran distribuidas la mayoría de las muestras y es representada por  $U$ .

### 2.8.1.3. Evaluación tipo “A”

La evaluación de la incertidumbre típica de Tipo “A” se aplica a mediciones en las cuales se recoge un número de muestras independientes en las mismas condiciones de medida, para las magnitudes de entrada  $X_i, u(x_i)$ . Cuando los valores poseen un nivel de calidad idónea, se puede determinar la dispersión y variación de los valores conseguidos.

Para la determinación del valor de la entrada  $X_i$ , la cual está definida por  $n$  mediciones independientes, con valores  $j = q_1, q_2, \dots, q_n$  la media aritmética de los valores individuales para  $x_i$  está definida como:

$$x_i = \bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (\text{Ecuación 27})$$

La desviación típica para los valores de las muestras está definida por:

$$s(q) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Por lo tanto la incertidumbre típica de la magnitud  $X_i, u(x_i)$ , está determinada por la desviación típica experimental de la media aritmética:

$$u(x_i) = s(\bar{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 29})$$

#### 2.8.1.4. Evaluación tipo “B”

La evaluación de incertidumbre típica de Tipo “B”  $u(x_i)$  es calculada por distintos métodos científicos, teniendo como base o referencias a toda la información disponible de la magnitud de entrada  $X_i$  en base a los valores estimados  $x_i$ . Los valores de  $X_i$  puede obtenerse en base a:

- Estadísticas o información obtenida en base a mediciones realizadas previamente.
- Se puede obtener información en base a la experiencia sobre el mesurando y las características que este posee.
- Datos técnicos de los fabricantes.
- Incertidumbres extraídas de manuales de uso o de algún documento de referencia.

La incertidumbre debe calcularse en base a datos fieles; en el caso que no se obtenga ningún dato debe calcularse en base a la experiencia. Se puede suponer en base a la experiencia, expectativas o estimaciones de la incertidumbre típica.

*Probabilidad rectangular:* Esta distribución es utilizada cuando no se obtiene ninguna información de mesurando a cerca de su variabilidad, en donde la distribución de probabilidad rectangular tiene características razonables para la magnitud.

*Probabilidad triangular:* Se utiliza la distribución de probabilidad triangular o normal cuando los resultados de las magnitudes están muy cercanos al centro del intervalo de variabilidad.

*Probabilidad de U:* Se utiliza esta distribución cuando los resultados se encuentran en los valores extremos del intervalo de variabilidad.

### 2.8.2. Evaluación de la incertidumbre en la estimación de salida

La estimación de salida  $Y$  viene dada por la ecuación en donde la incertidumbre típica al cuadrado, ya sea de Tipo “A” o “B” se utiliza cuando las magnitudes de entrada no se encuentran correlacionadas entre sí.

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) \quad (\text{Ecuación 30})$$

La incertidumbre combinada de cada fuente  $u_i(y)$  depende de la incertidumbre típica de entrada  $u(x_i)$  de cualquier tipo.

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (\text{Ecuación 31})$$

En donde  $c_i$  es el coeficiente de sensibilidad definida por la parcial  $f$  de la función con respecto a  $X_i$  para las entradas  $x_i$ .

$$c_i = \frac{df}{dx_i} = \frac{df}{dX_i} |_{X_i = x_i, \dots, X_N = x_n} \quad (\text{Ecuación 32})$$

El objetivo del coeficiente de sensibilidad  $c_i$ , es describir el grado de afectación por los cambios en las estimaciones de entrada  $x_i$ . Para hallar este coeficiente se puede emplear la ecuación, o empleando métodos numéricos como por ejemplo, “calcular la variación en la estimación de salida como consecuencia de una variación en la estimación de entrada  $x_i$  de  $+u(x_i)$  y  $-u(x_i)$ , tomando los valores de  $c_i$  la diferencia resultante de  $y$  dividida por  $2u(x_i)$ . “ (Verdú, 2010, p.20) Otra manera de poder determinar el coeficiente de sensibilidad es en base a experimentación en las variaciones de la salida haciendo repeticiones de la medida ( $x_i \pm u(x_i)$ ).

### 2.8.3 Evaluación de la incertidumbre en la estimación de entrada

La incertidumbre expandida  $U$  está definida por la estimación de salida de la incertidumbre típica  $u(y)$  multiplicada por el factor de cobertura  $k$ .

$$U = ku(y) \quad (\text{Ecuación 33})$$

En donde el factor de cobertura  $k = 2$  entrega un factor de confiabilidad del 95.45%. Es decir que la incertidumbre expandida  $U$  da un intervalo de confianza del 95.45% de encontrar el valor real del resultado.

El factor de cobertura puede asignarse cuando el mesurando y la incertidumbre típica tienen una distribución de probabilidad normal o Gaussiana.

En la **Figura 16** podemos observar el factor de cobertura  $k = 1$ ,  $k = 2$  y  $k = 3$  en donde tienen una probabilidad de cobertura de 68.27%, 95.45% y 99.73% respectivamente para cada uno.

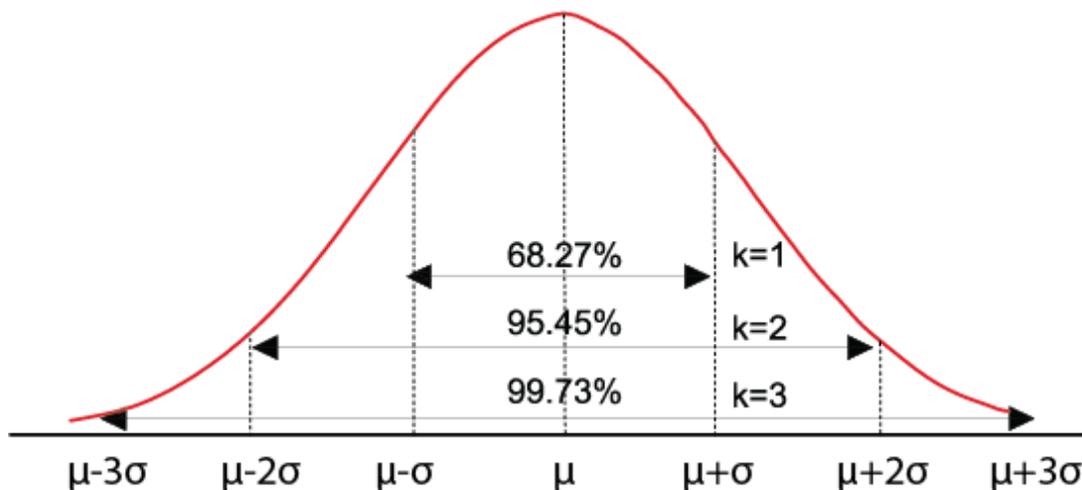


Figura 16. Factor de cobertura.

Se puede suponer una distribución de la probabilidad de estimación de salida normal cuando las incertidumbres de las magnitudes independientes tienen aportaciones comparables a la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida cumpliendo con el Teorema del Limite Central.

*Teorema Central del Límite:* “si el número de medidas es lo suficientemente alto, la Distribución de probabilidad de la media de las medidas será Gaussiana. Además la media será la misma que la de la variable de interés y la desviación típica de las medidas será aproximadamente el error estándar.” (Verdú, 2010, p.21)

## 2.8.4. Incitación al cálculo de incertidumbres en el aislamiento acústico

### 2.8.4.1. Importancia

El objetivo de ejecutar una medición *in situ* de niveles sonoros, aislamiento acústico o de cualquier índole, es el evaluar el caso pertinente para poder concluir si el caso de análisis cumple, o no con especificaciones de valores límite de niveles de presión acústica o valores requeridos en aislamiento acústico.



Figura 17. Zonas de conformidad.

En la Figura podemos identificar tres zonas principales:

- **Zona de conformidad:** En esta zona se establece el criterio de conformidad, en donde el objeto a estudio cumple con valores límites.
- **Zona de no conformidad:** En esta zona se establece el criterio de no conformidad, es decir que el objeto de estudio no cumple con los requerimientos establecidos.

- **Zona de duda:** Por el hecho que los valores se encuentran al límite no se puede conocer si cumple o no cumple con los criterios. Cuando la incertidumbre es mayor, mayor es la zona.

#### 2.8.4.2. Incitación al cálculo

Como se pudo describir anteriormente el procedimiento para las mediciones tanto para la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y la normativa UNE-EN ISO 140-4, se describe un análisis por bandas de tercio de octava; siendo necesario la toma de muestras de niveles de presión sonora por bandas de tercio de octava con un mínimo de 10 muestras tanto para emisión como para recepción, 6 muestras de tiempo de reverberación y 10 muestras de ruido de fondo en el recinto receptor, aplicando cada uno de las normativas para aislamiento de ruido aéreo sujetas a estudio en el proyecto.

A través de las mediciones tanto para la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y la normativa UNE-EN ISO 140-4, podemos determinar los índices de reducción sonora  $R'$ , la diferencia de niveles  $D$ , la diferencia de niveles normalizada  $D_n$  o la diferencia de niveles estandarizada  $D_{nT}$ ; donde para cada una de los descriptores intervienen diversos factores que afectan la medición como volúmenes de los recintos aéreas y tiempos de reverberación.

Subsiguiente al cálculo de estos valores, se estable el método para el cálculo del aislamiento global determinado para la normativa UNE-EN ISO 171-1; en donde se estable el valor al desplazar la curva de referencia, para el caso del procedimiento de medición ejecutado mediante la norma UNE-EN ISO 140-4. En cuanto para el proceso de medición mediante la normativa UNE-EN ISO 16283-1, se estableció dos procedimientos para el cálculo del aislamiento global; el primero a través del desplazamiento de la curva de referencia indicado en la normativa UNE-EN ISO 171-1 y el segundo con la fórmula propuesta por la normativa NWIP 16717.

## **2.8.5. Métodos para el cálculo de incertidumbre**

### **2.8.5.1. Método de propagación de la incertidumbre**

Este método se fundamenta en las magnitudes de entrada en donde existen distintas magnitudes de medidas tomadas acorde a los ensayos.

El método de propagación de la incertidumbre sería el método más conveniente para el cálculo de la incertidumbre para el aislamiento acústico, teniendo en cuenta que en los ensayos de acuerdo a las normativas de estudio, se requieren la toma de muestras de distintas magnitudes de medida como los niveles de presión sonora de emisión y recepción además de ruido de fondo y tiempo de reverberación que afectaran en mayor o menor proporción a la magnitud de salida que es el aislamiento acústico calculado con las pautas antes descritas.

### **2.8.5.2. Método de Montecarlo**

Cuando no se cumplen las condiciones del primer método, el método de Montecarlo da una solución para encontrar el valor de la magnitud de salida, aplicando una simulación numérica para los casos en donde la incertidumbre es demasiado grande y compleja en donde la función de densidad de probabilidad es asimétrica.

### **2.8.5.3. Método de repetibilidad**

Este método radica en la repetición de las mediciones un determinado número elevado de veces en las mismas condiciones es decir con el mismo equipamiento para todo el ensayo y el mismo procedimiento para la toma de las muestras. Este método para el cálculo de incertidumbres tienen un elevado costo y arduo para ejecutarlo.

Es importante destacar, que para el cálculo de incertidumbre con los métodos anteriormente descritos para los valores globales, hay un obstáculo significativo debido a que para obtener dicho valor hay que desplazar la curva de referencia

en donde este proceso o es lineal y por lo cual podría ser factible el método de Montecarlo.

## 3. Capítulo II. Metodología

### 3.1. Medida del aislamiento de ruido aéreo

En un recinto el cual tenga como objetivo distintos usos como podrían ser: residenciales, comerciales, etc. Deberían cumplir con un aislamiento necesario para poder ejecutar las actividades afines, sin generar molestia alguna hacia sus colindantes poniendo en practicando las normas para un buen vivir.

Para la verificación e identificación de problemas en el aislamiento a ruido aéreo que puedan suscitarse, son ineludibles las mediciones *in situ* del aislamiento a ruido aéreo entre los locales que se sujetan a estudio en las edificaciones.

En el momento en el cual se ponga en marcha la ejecución de las mediciones *in situ* a ruido aéreo, es indispensable tener en cuenta los siguientes parámetros para una correcta gestión de calidad en los procesos técnicos para el proyecto de titulación, tanto en la toma de datos de mediciones *in situ* como en el procesamiento y cálculos finales de los ensayos:

- Tamaño de la muestra calculada con un porcentaje de error aceptable para el proyecto a ser ejecutado.
- Tener la disponibilidad necesaria tanto del equipo e instrumentación necesaria para realizar las mediciones *in situ* de aislamiento acústico aéreo.
- Realizar las mediciones de diferentes magnitudes necesarias con el objetivo de cumplir adecuadamente todos los requisitos, para un cálculo de resultados objetivos y veraces.
- Plasmar un procedimiento que sea lineal, eficaz, adecuado y certero para las mediciones *in situ* para las normativas: UNE-EN-ISO-140-4, Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Parte 4: Medición *in situ* del aislamiento al ruido aéreo entre las habitaciones y la norma UNE-EN-ISO-16283-1:2015 Medición Campo

de aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción  
- Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

- Poder documentar todas las magnitudes y datos obtenidos en las mediciones *in situ* linealmente, sin tener afectaciones en la integridad de los datos medidos.
- Una vez obtenidos los datos en las mediciones *in situ* los datos pasas posteriormente a ser procesados, analizados y evaluados a través de índices de aislamientos de acuerdo a las normativas mencionadas y calculadas su respectivas incertidumbres en cada medición.

### 3.1.1. Ensayos de aislamiento in situ

Las instrucciones detalladas para el cálculo del aislamiento acústico en una edificación, se encuentran expuestas en las Normativas ISO 16283 (Acústica. Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción), las cuales se han incorporado desde el año 2014 hasta el 2016 derrocando a la familia de normativas ISO 140 (Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción). En concreto las normativas que entran en vigencia y las normativas derrocadas se indican en la **Tabla 3**.

Como tiene por objetivo el proyecto de titulación la comparativa de la normativa vigente de aislamiento a ruido aéreo ISO 16283-1 y la normativa derrocada ISO 140-4, serán las dos principales normas de estudios y de referencias en las cuales nos sustentaremos individualmente tanto para las metodologías aplicables a las mediciones *in situ*, como para el desarrollo del análisis de aislamiento acústico en medianeras tanto para mediciones horizontales (paredes) y mediciones verticales (techos o forjados). Al igual que el procesamiento y evaluación de resultados e índices.

Tabla 3.

## Normativa vigentes y anuladas

Normativa vigente	Normativa anulada
ISO 16283-1 (Aislamiento a ruido aéreo)	ISO 140-4 (Aislamiento al ruido aéreo entre locales)
ISO 16283-2 (Aislamiento a ruido de impactos)	ISO 140-7 (Aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos)
ISO 16283-3 (Aislamiento acústico de fachadas)	ISO 140-5 (Aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas)

**3.1.2. Mediciones in situ para aislamiento a ruido aéreo****3.1.2.1. Comparativa de normativas**

Para cumplir con el objetivo del proyecto de titulación, se llevó a cabo la comparación de las normativas con respecto a los siguientes puntos que serán detallados a continuación:

**3.1.2.2. Comparación textual de las normativas**

Es necesario comparar textualmente las dos normativas de estudio, para poder hallar los cambios e implementaciones que han surgido para la nueva actualización de la norma internación. La comparación servirá para determinar el procedimiento de medición *in situ*, el rango y el alcance que tiene cada una de las normativas.

**3.1.2.3. Comparación de los resultados globales con diferentes metodologías**

La comparación de los resultados globales de aislamiento acústico está enfocadas en diferentes metodologías y normativas las cuales serán expresadas posteriormente.

### 3.2. Tamaño de la muestra por estimación de la proporción poblacional para edificaciones en Quito

En el año 2006 se propuso legalizar las construcciones informales, por la Unidad de Suelo y Vivienda del Municipio de Quito, para poder legalizar todas las construcciones informales y aquellas construcciones que han incumplido normativas urbanas.

“La alcaldía metropolitana de Quito no cuentan con datos exactos, pero se estima que existe un 60% a 70% de construcciones no legalizadas.” (Diario La Hora, 2006)

El método el cual se empleó para el tamaño de la muestra, como se mencionó anteriormente es el de estimación de la proporción poblacional; que en este punto se repetirá la formula con fines didácticos.

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 N \hat{p} \hat{q}}{NE_p^2 + (z_{\alpha/2})^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

A continuación se explicara cada término y su valor.

$N$  Es el valor total de la población. Valor que fue determinado a través de la investigación previa sustentada en los archivos del INEC según el último censo de población y vivienda del 2010, en las hojas de cálculo con el nombre de “TOTAL DE VIVIENDAS PARTICULARES CON PERSONAS PRESENTES POR TIPO DE VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, CANTÓN Y PARROQUIA DE EMPADRONAMIENTO” (INEC, 2010), se realizó la búsqueda del número total de viviendas en el Distrito Metropolitano de Quito con un número total de 466960. El valor fué definido con la única referencia que estaba disponible.

El valor de  $\hat{p}$  y  $\hat{q}$  es de 0.5 que es el valor que tomamos del tamaño máximo de la muestra ya que no se conocen valores para  $\hat{p}$  y  $\hat{q}$  que hayan sido determinados por el número de sondeos favorables, puesto que el estudio a realizarse es del

primero en el país que compara las normativas a aislamiento de ruido aéreo UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 16283-1.

“El valor  $z_{\frac{\alpha}{2}}$  que es el coeficiente normal estándar en la práctica es igual a 2, cuando se trabaja con una confiabilidad del 95.5%”. (Galindo, 2010, p. 384)

Se determinó un error  $E_p$  prefijado a 0.1, o cercano a este.

Reemplazando los valores que se detallaron posteriormente en la Ecuación y algunos valores que se obtienen de la ley estándar tenemos que para el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{(1.96)^2 \times 466960 \times (0.5) \times (0.5)}{466960 \times (0.1075)^2 + (1.96)^2} = 83 \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$z_{\alpha/2} = 1.96$$

$$N = 466960$$

$$E_p = 0.1075$$

Como resultado del cálculo muestral tenemos 83 mediciones para que la muestra sea representativa con respecto a la población, teniendo en cuenta un error prefijado de 0.1075.

De esta manera el número de muestras para la toma de mediciones queda definido para un total de población que son las edificaciones del Distrito metropolitano de Quito, con sus respectivas condiciones y restricciones en el tamaño de la muestra.

### 3.3. Equipamiento para mediciones in situ de aislamiento a ruido aéreo

En esta sección del proyecto se especifica detalladamente todo el listado de equipamiento e instrumentación con el que se tomaron las medidas de las distintas magnitudes y sus características principales.

Tabla 4.  
Equipamiento

Equipo	Marca	Modelo	Foto	Características
Sonómetro	CESVA	SC310		Tipo 1 Analizador por tercio de octava Medición del tiempo de reverberación. Ponderación frecuencial simultánea.
Amplificador para fuente omnidireccional	CESVA	AP602		Generador de ruido rosa o blanco. Ecuador gráfico por bandas de 1/3 de octava. Amplificador de potencia.
Fuente sonora omnidireccional	CESVA	FP122		Altavoz omnidireccional. 123 dB PWL.
Calibrador	CESVA	CB006		Clase 1. Frecuencia de calibración 1KHz a un nivel de 94dB.

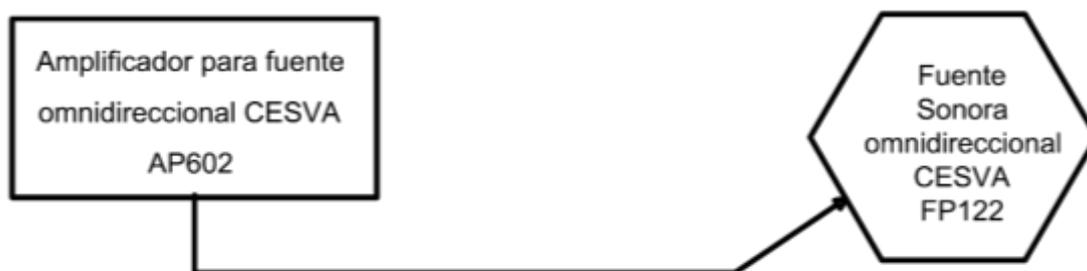
Equipo	Marca	Modelo	Foto	Características
Medidor ambiental	ambient weather	WM-4		Estación meteorológica portátil con velocidad del viento, dirección, temperatura, humedad, brújula, punto de rocío, índice de calor y más.
Metro láser	BOSCH	GLM 40		Clase de láser 2.
Trípode				Para sostener la fuente omnidireccional y sonómetro.
Cable		speak on		5 m
Extensión		Eléctrica		5 m

### 3.4. Procedimiento para mediciones *in situ* para ruido aéreo, UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 16283-1

A continuación se expone en detalle el procedimiento para las mediciones *in situ* de aislamiento acústico en los edificios y elementos constructivos, tanto para la norma UNE-EN ISO 140-4, como para la norma UNE-EN ISO 16283-1.

Para la toma de distintas magnitudes de medidas *in situ* del proyecto, las hojas de datos de las mediciones serán los respaldos de los datos obtenidos en las mediciones, en las cuales se debe anotar los registros de las medidas tomadas y características de los recintos *in situ*.

Una vez de tener todo el equipamiento verificado, se procederá primero al montaje de todo el equipamiento, como es la conexión y la instalación en el trípode de la fuente omnidireccional, sonómetro, y la respectiva conexión del amplificador para la fuente omnidireccional como se indica en la **Figura 18**.



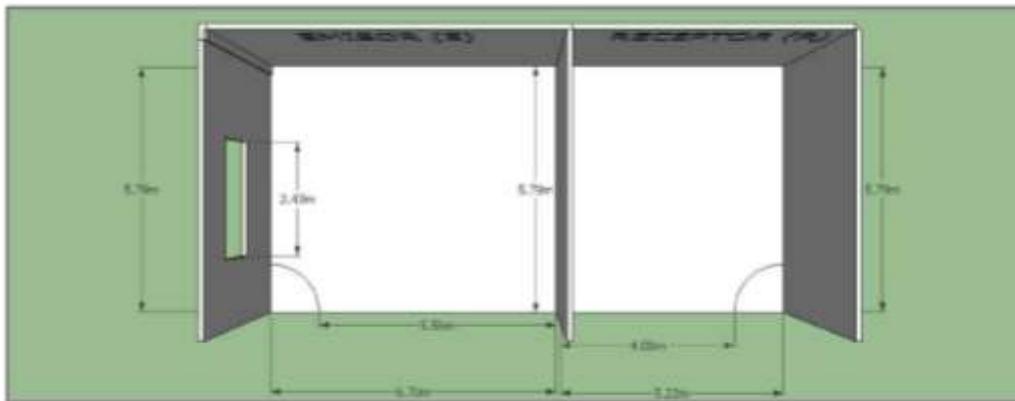
*Figura 18.* Cadena electroacústica. Diagrama de flujo de señal desde el amplificador CESVA AP602 a la fuente omnidireccional CESVA FP122.

La conexión de la **Figura 18**, se realizara con un cable Speakon, desde la salida speaker out del amplificador CESVA AP602 a la fuente omnidireccional CESVA FP122.

Como consiguiente se procede a:

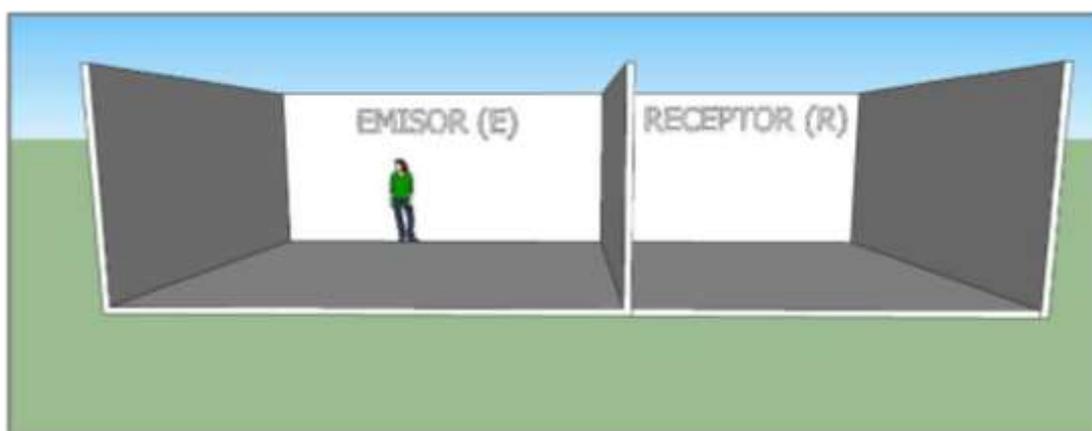
1. El primer paso para realizar las mediciones *in situ* es el medir (largo, ancho, altura) de todos los recintos y anotarlos en la hoja de datos como se muestra

en la **Figura21**. Es necesario realizar un boceto a mano alzada en la hoja de datos, con todas las medidas de los recintos que se van a estudiar, sobre todo para los recintos irregulares. Se detallara puertas, ventanas, columnas y elementos constructivos que tengan algún afecto en la medición como se indica en la **Figura 19**.



*Figura 19.* Boceto de la edificación. Boceto del recinto emisor y recinto receptor con sus detalles constructivos.

2. El siguiente paso será el calcular los volúmenes de los recintos y designar como recinto emisor al recinto con mayor volumen. El recinto emisor se denotara por la letra (E) y el recinto receptor por la letra (R) en el boceto y sus respectivos volúmenes serán anotados en la **Figura 20**.



*Figura 20.* Recinto Emisor y recinto Receptor.

	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Recinto Emisor:				
Recinto Receptor:				

Figura 21. Dimensiones y volúmenes del recinto emisor y receptor.

3. Proseguimos a detallar los elementos constructivos, tanto de paredes, techo y piso. Llenando en la hoja de datos como se muestra en la **Figura 22**, el tipo de material constructivo tanto en el recinto emisor como en el recinto receptor.

Materiales de construcción		
Piso	Techo	Paredes

Figura 22. Materiales de construcción en los recintos.

En las cuadrículas de las paredes se llenaran los cuatro espacios para las cuatro paredes, si el recinto cuenta con más paredes, se añadirá otro espacio.

4. Es esencial la toma de medición de las dimensiones de la partición común de los recintos, así como también detallar el ancho o espesor y los materiales

de construcción en la hoja de datos, especificando las características como el tipo de pared, si es pared simple, doble, trasdosado o con cámara de aire, como se indica en la **Figura 23**.

Área común de partición [m <sup>2</sup> ):	Ancho [m):
Material constructivo:	
Tipo de pared:	

Figura 23.Partición común.

5. Para continuar, seguimos con el montaje de la fuente omnidireccional en el recinto emisor, verificando que la fuente omnidireccional se encuentre a una altura mínima de 0,7 m de altura de la fuente con respecto al piso, como se muestra en la **Figura 24**.
6. Continuando con el procedimiento, se deberá marcar la primera posición de la fuente omnidireccional en el recinto emisor a 1m de distancia de la pared separadora y graficar en el boceto de los recintos, en la **Figura24** se denotara con la letra (O).
7. El siguiente paso a realizar será, el marcar las 5 posiciones de micrófono fijas en el piso para la primera posición de la fuente en el recinto emisor, como se observa en la **Figura 25** y graficar en el boceto de los recintos con sus respectivos cuadrantes (X), tomando en cuenta las distancias a continuación:
  - 0,7m entre posiciones de micrófono.
  - 0,5 entre cualquier posición de micrófono y bordes del recinto o difusores.
  - 1,0 entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

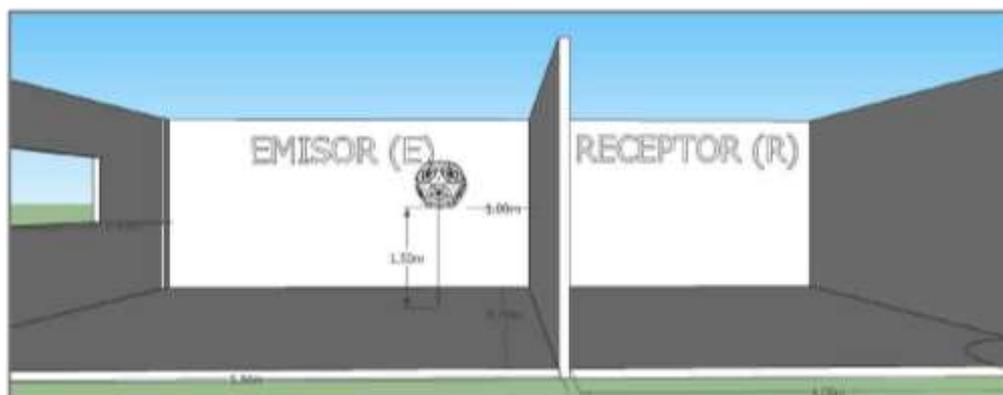


Figura 24. Ubicación de fuente omnidireccional. Se ubica la fuente sonora a 1m de la pared separadora y a una altura mayor a 0,7 m.

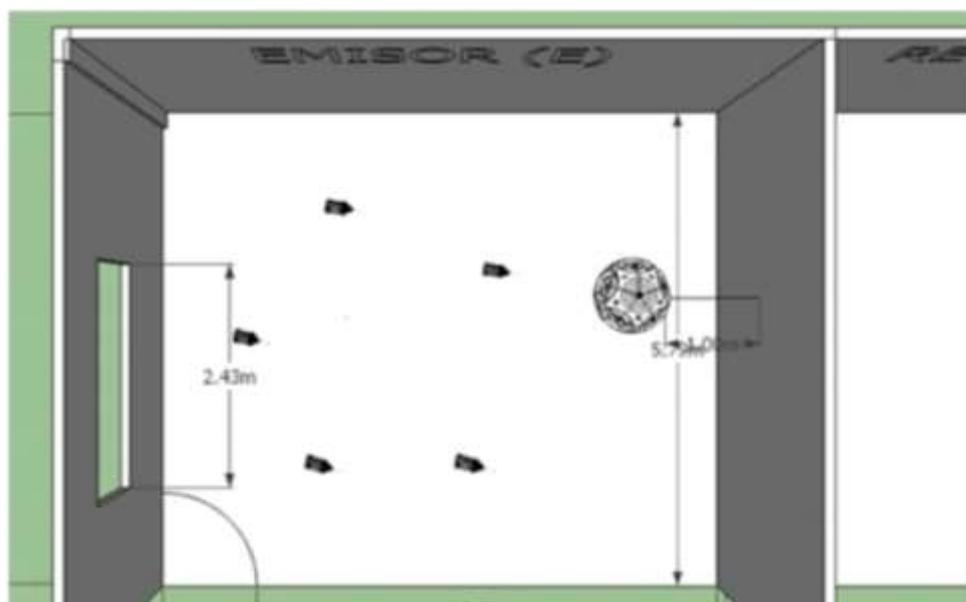


Figura 25. Posiciones de micrófono en el recinto Emisor.

8. A continuación, se marcar las 5 posiciones de micrófono fijas en el piso para la primera posición de la fuente omnidireccional en el recinto receptor como se muestra en la **Figura 26** y graficar en el boceto de los recintos con sus respectivos cuadrantes (X), tomando en cuenta las distancias del punto 7.

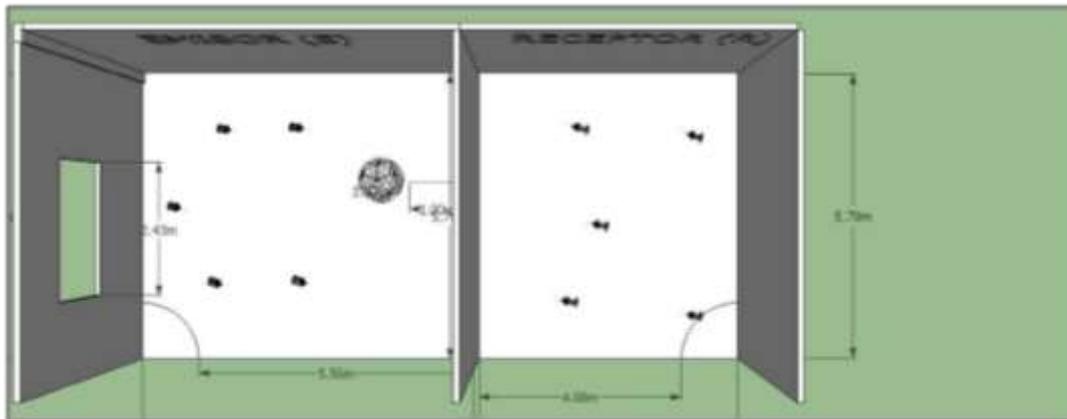


Figura 15. Posiciones de micrófono en el recinto emisor y recinto receptor.

9. Para iniciar la toma de mediciones de niveles con el sonómetro, primero se hará la verificación inicial de calibración del sonómetro CESVA SC310. Se introducirá cuidadosamente el calibrador de clase 1 CESVA CB006, en la punta del micrófono del sonómetro y se anotará la lectura del sonómetro en la **Figura 27**, el cual deberá dar un valor cercano a  $94\text{dB}$  en  $1\text{KHz}$ .

Verificación de Calibración del sonómetro			
Calibración Inicial:		Calibración Final:	

Figura 27. Verificación de calibración del sonómetro.

10. El siguiente paso será el montaje del sonómetro (sin capuchón) en el trípode, asegurando el instrumento de medición fijo al trípode para evitar caídas y con una inclinación superior a  $10^\circ$  con respecto al eje horizontal y vertical.
11. Antes de realizar la toma de niveles en los puntos del recinto emisor, se debe asegurar que el nivel de la fuente sonora sea la adecuada, es decir que tenga una buena relación señal/ruido, la cual debe ser de al menos  $10\text{ dB}$ . El recinto emisor no debe presentar diferencias en nivel de más de  $6\text{ dB}$  de diferencia entre bandas adyacentes entre bandas de  $1/3$  octava.

12. En este punto se comenzara a tomar los niveles de presión sonora en el recinto emisor para la primera posición de fuente omnidireccional, para lo cual, en el primer punto de micrófono fija se realiza la medición del nivel de presión acústica emitido por 15s (fuente encendida), tomando el procedimiento de mediciones *in situ* de la normativa UNE-EN ISO 16283-1.
13. En el siguiente paso se procede al segundo procedimiento para mediciones *in situ* aplicando la norma UNE-EN ISO 140-4 para la primera posición de fuente para el recinto emisor, el cual se mide el nivel de presión acústica por 6s para la primera posición de micrófono fija. Se debe tener en consideración que tanto el punto 12 como el 13 del procedimiento de medición, se realizan en el mismo lugar o punto de medición sin cambiar la posición del sonómetro y trípode.
14. Para los cuatro puntos de mediciones restantes se realiza el mismo procedimiento del punto 12 y 13, considerando de suma importancia el cambio de altura de posición del sonómetro con respecto al suelo, como se observa en la **Figura 30**. Además se deberá llenar la hoja de datos con el número de registro de cada medición en la **Figura 28** y **Figura 29**.

RECINTO EMISOR UNE-EN-ISO 140-4					
Posiciones de micrófono fijas					
	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #					
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #					

*Figura 30.* Posiciones de micrófono fijas en el recinto emisor mediante la norma UNE-EN ISO 140-4

RECINTO EMISOR UNE-EN-ISO 16283-1					
Posiciones de micrófono fijas					
	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #					
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #					

Figura 31. Posiciones de micrófono fijas en el recinto emisor mediante la norma UNE-EN ISO 16283-1.

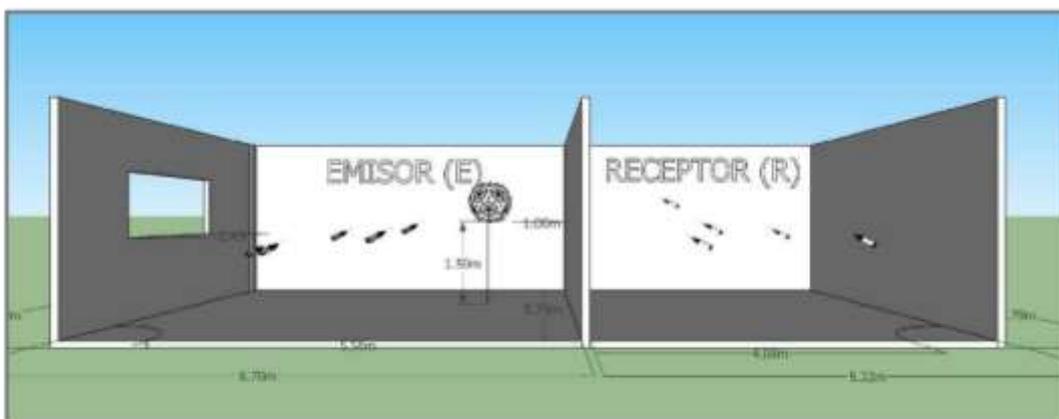


Figura 32. Posiciones de micrófono en recinto emisor y receptor. Variación de altura en cada posición.

15. El siguiente paso será **exclusivamente para los recintos cuyos volúmenes sean menores a 25 m<sup>3</sup>**. Se escogerán 2 esquinas superiores y 2 esquinas inferiores en el recinto emisor, para la primera posición de fuente a una distancia de 0,3m a 0,4m de cada límite del recinto que conforma la esquina como describe la **Figura 31** y graficar dichas esquinas en el boceto. (EsqS1, EsqS2, EsqI1, EsqI2).

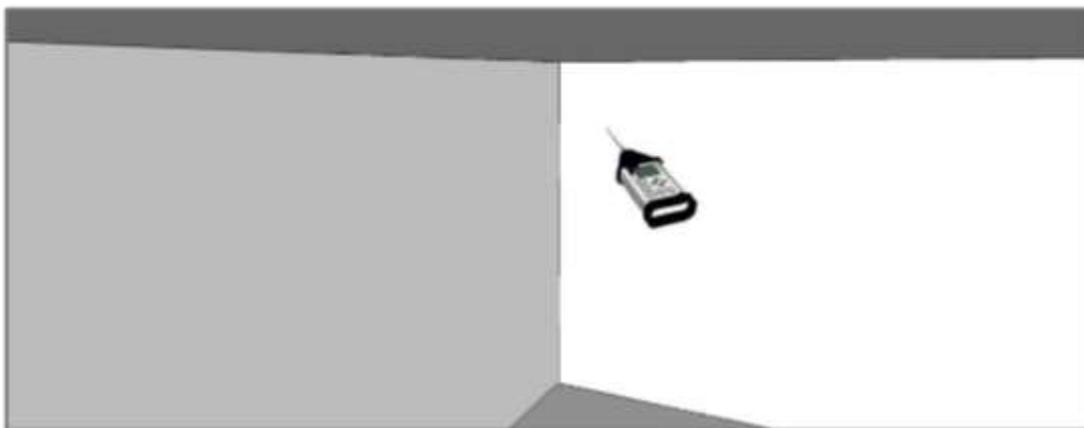


Figura 16. Medición de nivel sonoro en esquinas.

16. Se procederá a la medición de la primera esquina de su nivel de presión sonora prendida la fuente por 15s. Para las otras 3 esquinas se repetirá el mismo procedimiento. Igualmente se continuará a llenar los números de registros de medición en la **Figura 34**.

Procedimiento Baja Frecuencia				
	Esquinas Superiores		Esquinas inferiores	
	Esquina1	Esquina2	Esquina3	Esquina4
1 Registro#				
2 Registro#				

Figura 34. Procedimiento de baja frecuencia.

17. Sin cambiar la posición de la fuente, se procederá a la medición del ruido de fondo como también el nivel de presión acústica emitida por la fuente en el recinto receptor en cada uno de los 5 puntos. Aplicando los puntos 12 y 13 tanto para niveles de emisión como para el ruido de fondo. Como se dijo anteriormente el punto 14 y 15 será utilizado para mediciones de baja frecuencia en el cual el volumen de la sala sea menor a  $25 m^3$ . Similar a los anteriores puntos se registraran los registros en las siguientes **Figura 35** y **Figura 34**.

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 16283-1					
Posiciones de micrófono fijas					
	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #					
Ruido de fondo					
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #					
Ruido de fondo					

Figura 35. Posiciones para micrófono fijas en el recinto receptor. Mediante la norma UNE-EN ISO 16283-1.

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 140-4					
Posiciones de micrófono fijas					
	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #					
Ruido de fondo					
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #					
Ruido de fondo					

Figura 36. Posiciones para micrófono fijas en el recinto receptor. Mediante la norma UNE-EN ISO 140-4.

18. El siguiente paso será el escoger los puntos de mediciones en las esquinas y aplicar el mismo procedimiento que en los puntos 14 y 15, como se puede visualizar en la **Figura 35**.

19. Una vez ya concluida todas las mediciones para la primera posición de la fuente, se procede a realizar el mismo procedimiento de medición para la segunda posición de la fuente omnidireccional. En donde hay que tener las mismas consideraciones para la ubicación de la fuente omnidireccional, como la altura mínima debe ser de al menos 0.7 m y de 0.5 a 1 m de la pared separadora como se muestra en la **Figura 36**.

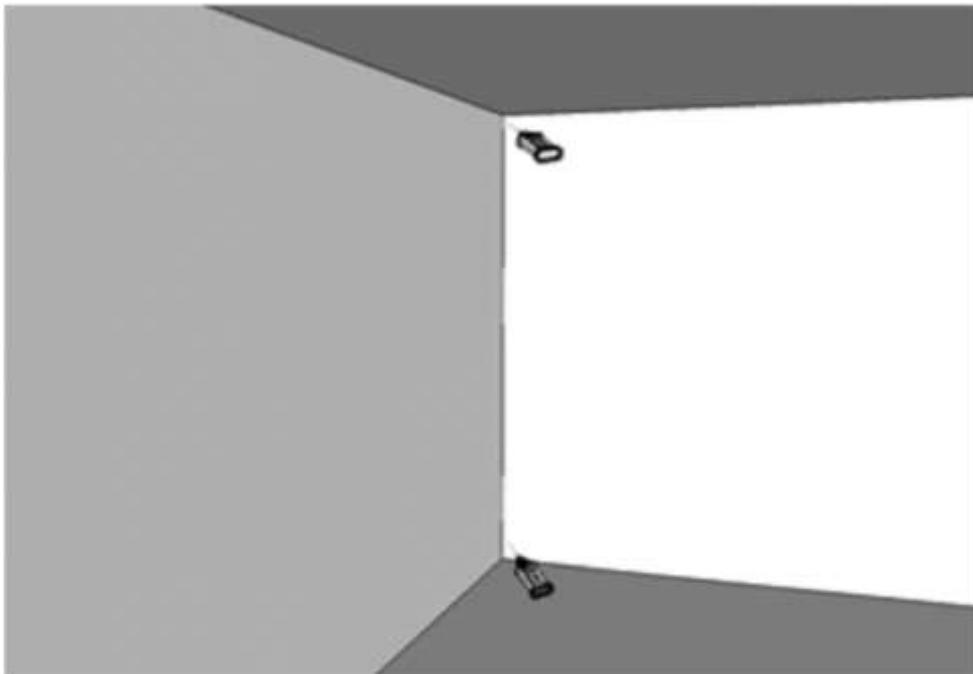


Figura37. Medición de nivel sonoro en esquinas. Se elige 2 esquinas superiores e inferiores en cada posición de fuente.

20. Se escogerán nuevamente 5 puntos en el recinto emisor como en el recinto receptor, y se aplicara el mismo procedimiento que el punto 12 y 13.

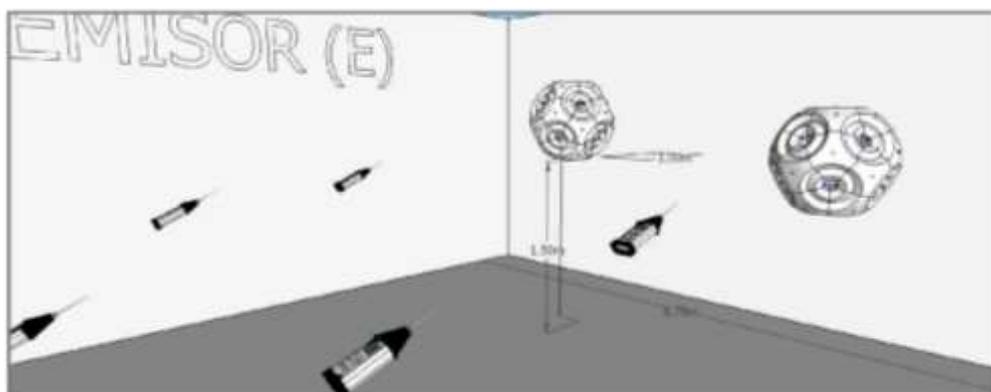


Figura 38. Segunda posición de fuente. Se varía la altura de la posición de la fuente para la segunda posición.

21. Para el análisis en baja frecuencia y la toma de niveles como ruido de fondo en las esquinas se aplicara el mismo procedimiento que en los puntos 14 y 15, con la diferencia que la toma de niveles y ruido de fondo se la hace para la segunda posición de altavoz.
22. Como siguiente paso se llevara a cabo la medición del tiempo de reverberación en el recinto emisor, para lo cual se escogerán 3 puntos en la sala.
23. En el primer punto del tiempo de reverberación se procederá primero con la medición de ruido de fondo, para luego aplicar el método de ruido interrumpido con el sonómetro CESVA, en cada punto se repetirá dos veces el procedimiento, es decir que tendremos 6 mediciones de tiempo de reverberación. Los registros serán anotados en la **Figura 38**. El sonómetro CESVA procesa datos de ruido de fondo como el tiempo de reverberación en el mismo programa para el T20, entregando resultados finales en segundos.

<i>Medición del tiempo de reverberación</i>					
<i>Impulsiva :</i>			<i>Ruido interrumpido:</i>		
	P1	P2	P3		
Medición 1:					
Medición 2:					

Figura 39. Tiempo de reverberación.

24. El método de ruido interrumpido comprende primero en, tomar la medición del ruido de fondo con el sonómetro hasta que sus niveles sean estables en cada uno de sus bandas. Luego se procede a encender la fuente omnidireccional, para tomar los niveles de presión sonora hasta que se estabilicen. Una vez siendo estables los valores de presión sonora para cada banda, se apaga la fuente omnidireccional, se espera unos cuantos segundos

sin realizar ningún movimiento brusco y se para el sonómetro automáticamente entregando un valor en segundos por cada banda de 1/3 de octava.

#### **3.4.1. Procedimiento para la medición del tiempo de reverberación**

Cabe detallar que para este estudio se fijó tomar como descriptor el T20 por las siguientes razones:

- El T20 es un descriptor el cual describe de mejor manera el comportamiento de la curva de decaimiento del sonido en un recinto ya que recoge información de los primeros 20 *dB* de pendiente de caída.
- Al realizarse las mediciones en condiciones en las cuales el ruido de fondo tenga un nivel alto, no se podrá recolectar los valores en algunas bandas de tercio de octava debido a que el ruido de fondo no permite que las ondas sonoras decaigan completamente en el rango de tiempo en el cual el sonómetro integra los datos.
- El oído humano es muy subjetivo en cuanto a la percepción del tiempo de decaimientos de niveles sonoros por frecuencias, por lo cual es preferible tener toda la información relevante durante los primeros segundos instantes de tiempo acorde con el descriptor T20.

#### **3.4.2. Procedimiento para barrido manual**

Para el proyecto de titulación se escogerán 2 movimientos de barridos manuales de micrófono. Se han seleccionado los dos barridos, a continuación descritos sus procedimientos por razones de tiempo de medición y teniendo en cuenta que los dos barridos manuales se acoplan perfectamente a ciertas necesidades como son: espacio para realizar el barrido y facilidad de ejecución.

Estos dos movimientos manuales para barrido estas descritos en la norma UNE-EN ISO 16283-1, en la cual recomiendo el tiempo de medición de 60s para bajas frecuencias menores a 80 Hz y que se cumpla con trayectorias completas de

barrido. El ruido de fondo se medirá con el mismo barrido manual por un tiempo de 60 segundos.

Se deberá realizar un barrido por cada posición de altavoz, en cada uno de los recintos tanto emisor como receptor.

El primero movimiento será el que describe tres semicírculos, en el cual el técnico operador se encuentra de pie sosteniendo el sonómetro con el brazo estirado, y se procederá a dibujar tres semicírculos, alejados  $45^\circ$  a  $60^\circ$  un semicírculo del otro. En el caso en el cual por alguna circunstancia el techo este muy próximo al sonómetro, el operario deberá ponerse en cuclillas, o cuando la trayectoria se repite en otra posición de fuente. La normativa recomienda que la velocidad angular debe ser aproximadamente  $20^\circ$  por segundo. El movimiento se ilustrara en la **Figura 40**.



*Figura 40.* Barrido manual de tres semicírculos.

El segundo movimiento es helicoidal en el cual el técnico operador sujeta el sonómetro con el brazo completamente estirado a una altura inicial a 0.5 m de altura con respecto al suelo, para luego girar el torso  $360^\circ$  como mínimo dos veces, con una posición agachado para iniciar y para finalizar de pie procurando que el sonómetro no pase de 0,5 de distancia al techo. La velocidad angular máxima debe de ser de  $20^\circ$  por segundo.

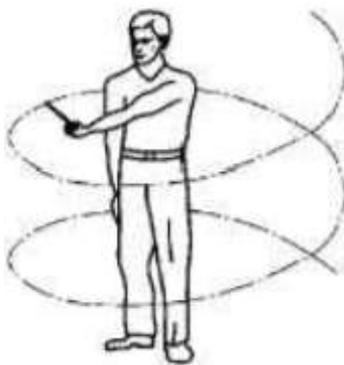


Figura 41. Barrido manual helicoidal.

En la siguiente **Figura 42** se anotara los registros de los barridos manuales, como se mencionó anteriormente cada barrido tendrá un tiempo mínimo de 60 segundos con desplazamientos completos, los cuales se realizaran uno por cada posición de fuente y su ruido de fondo con la misma trayectoria.

<b>Barrido Manual</b>		
	P1	P2
Registro #		
Ruido de fondo		

Figura 42. Barrido manual.

### 3.5. Metodología para la comparación de valores globales de aislamiento

#### 3.5.1. Método UNE-EN ISO 717-1

El proceso para la evaluación de los resultados de las mediciones para aislamiento de ruido aéreo según la norma ISO 140-4; “consiste en el desplazamiento de la curva de referencia en intervalos de 1 dB o 0.1 dB (para los cálculos de incertidumbre) aproximándose a la curva obtenida de la medición hasta el punto en el que la suma de todas las desviaciones desfavorables sean lo más cercano, pero no mayor a 32,0 dB.” (UNE-EN ISO 717-1, 2013)

Una vez desplazada la curva y sumadas las desviaciones desfavorables cercanas a 32, el valor único de aislamiento está determinado por el valor de la curva de referencia en 500 Hz.

La curva de referencia para la norma UNE-EN ISO 717-1 se presenta a continuación, con su respectiva **Tabla 5** de valores.

Tabla 5.

Valores de referencia para aislamiento a ruido aéreo

Frecuencia [Hz]	Valores de Referencia[dB]
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

En la **Figura 43** se presenta la curva de referencia para el cálculo de valor único para aislamiento a ruido aéreo por bandas de tercio de octava, según los valores obtenidos de la normativa ISO-UNE-EN 140-4; con un rango frecuencias de 100 Hz 3150 Hz.

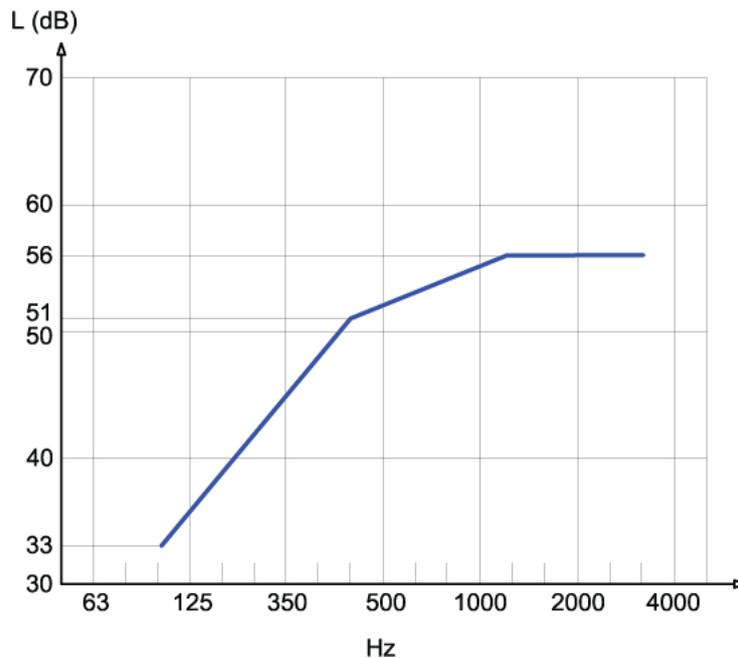


Figura 17. Curva referencial UNE-EN ISO 717-1.

### 3.5.2. Metodo NWIP 16717

La proposición según NWIP 16717 para la evaluación de los resultados está descrita mediante la Ecuación , la cual es ejecutable para cualquier parámetro.

$$R_{fuente} = 10 \times \log \left( \frac{\sum_i 10^{\frac{L_{fuente}}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_{fuente} - R_i)}{10}}} \right) \quad (\text{Ecuación 36})$$

En donde:

$R_{fuente}$ , es el valor único de aislamiento acústico.

$L_{fuente}$ , es el nivel del espectro de referencia escogido Living, Traffic, Speech e Impact.

$R_i$ , es la estimación del valor del aislamiento acústico por bandas de frecuencia.

En la **Tabla 6**, podemos visualizar los valores de la curva de referencia Living por bandas de tercio de octava, la cual es utilizada para este proyecto para el cálculo de valor único para la normativa UNE-EN ISO 16283, puesto que concuerda con el rango de frecuencias estudiada por esta normativa.

Tabla 6.

Valores de referencia para aislamiento a ruido aéreo NWIP 16717

Frecuencia [Hz]	Valores de Referencia[dB]
50	-41
63	-37
80	-34
100	-30
125	-27
160	-24
200	-22
250	-20
315	-18
400	-16
500	-14
630	-13
800	-12
1000	-11
1250	-10
1600	-10
2000	-10
2500	-10
3150	-10

En la Figura se encuentra representado gráficamente el espectro de referencia Living para el cálculo de valor único de aislamiento acústico de ruido aéreo, según los valores obtenidos mediante la normativa UNE-EN-ISO 16283-1; con un rango de frecuencia de 50 Hz a 5000 Hz.

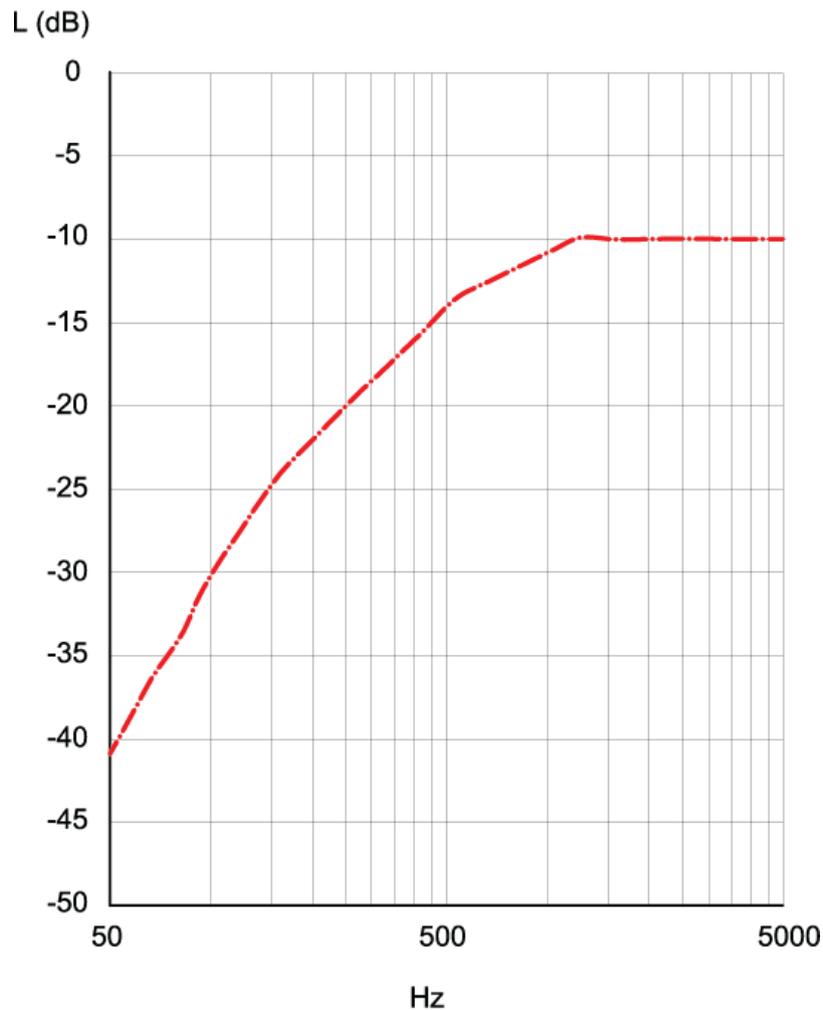


Figura 18. Curva living.

### 3.6. Procedimiento para la evaluación del valor único en el proyecto

Para el cumplimiento de los objetivos del proyecto se determinó el cálculo del valor único de aislamiento acústico para cada medición según los procedimientos del cálculo mediante la normativa UNE-EN ISO 717-1 y la propuesta de referencia NWIP 16717. Cada una de las mediciones están evaluadas a través de los procedimientos de las dos normativas UNE-EN ISO 140-4 como la normativa UNE-EN ISO 16283-1; ambas normativas que detallan las mediciones *in situ* del aislamiento a ruido aéreo en edificaciones para proceder del valor único de aislamiento de ruido aéreo según corresponda.

Es decir que las muestras que fueron tomadas conforme al procedimiento según la normativa UNE-EN ISO 16283-1 tanto para posiciones fijas de micrófono como para barridos manuales; fueron evaluadas por la curva Living de la propuesta NWIP 16717 y las muestras que fueron tomadas según el procedimiento de la normativa UNE-EN ISO 140-4; fueron evaluadas según la norma UNE-EN ISO 717-1 para la determinación del valor único. Además con fines comparativos del proyecto, se realizó el cálculo del valor único de aislamiento acústico mediante el procedimiento del desplazamiento de la curva Living en las muestras tomadas según la norma UNE-EN ISO 16283-1 tanto para posiciones fijas de micrófono como para barridos manuales.

### **3.7. Procedimiento para la evaluación de magnitudes globales de aislamiento acústico**

#### **3.7.1. Parámetros Acústicos**

El procedimiento de la medición *in situ* para el proyecto fue descrito anteriormente a detalle. Esta sección está enfocada y puesta en énfasis en los cálculos establecidos en las respectivas normativas para poder obtener los valores globales de aislamiento acústico para cada medición.

Los parámetros los cuales se van a calcular para el aislamiento acústico son, el  $D$  (Diferencia de niveles),  $D_n$  (Diferencia Normalizada),  $D_{nT}$  (Diferencia de niveles estandarizada) y  $R'$  (Índice de reducción acústica aparente).

Se designó para la comparación los valores obtenidos de la diferencia de niveles estandarizada  $D_{nT}$  y el índice de reducción sonora aparente  $R'$ ; valores los cuales son los más utilizados debido a que representan un valor real, implicando las características de los recintos reales.

La evaluación se realizara por bandas de tercio de octava en un rango de 50 Hz a 5000 Hz para la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y para la normativa UNE-EN ISO 140-4 un rango de 100 Hz a 3150 Hz.

### 3.7.2. Corrección por ruido de fondo

Las muestras que se toman de ruido de fondo tienen por objetivo el detectar que los niveles de presión sonora muestreados no se vean afectados por ruidos externos a los de medición es decir, ruidos de maquinarias, ruidos eléctricos etc. En donde el nivel de ruido de fondo mínimo de 6 dB y preferiblemente mayor de 10 dB de diferencia entre la señal y el ruido de fondo.

La corrección por ruido de fondo se aplica en los siguientes casos:

- Si la diferencia entre la señal y el ruido de fondo es menor que 10 dB, pero mayor que 6 dB, la corrección está dada por la siguiente **Ecuación 37**.

$$L' = 10 \log(10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}) \quad (\text{Ecuación 37})$$

$L_2$  Nivel de presión acústica en el recinto receptor [dB].

$L_F$  Es el nivel de ruido de fondo [dB].

- Si la diferencia entre la señal y el ruido de fondo es menor que 6 dB, se aplica una corrección de 1.3 dB.

Una vez corregidos los niveles por ruido de fondo se procede al cálculo de los distintos parámetros acústicos con las respectivas formulas anteriormente mencionadas. Los parámetros acústicos serán calculados para cada una de las mediciones con las distintas normativas. Es decir que para un total de 83 muestras que fueron establecidas de una población total, existirán 83 mediciones con el procedimiento con la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y 83 mediciones con el procedimiento de la normativa UNE-EN ISO 140-4. Es decir 166 parámetros acústicos de  $D_{nT}$  y otros 166 parámetros  $R'$ .

### 3.7.3. Magnitud global de aislamiento acústico

El cálculo de las magnitudes globales de aislamiento acústico conforme al proyecto se puede distinguir en dos casos:

### 3.7.3.1. Según la norma UNE-EN ISO 140-4

Para el cálculo de la magnitud global para este caso tomamos como referencia la normativa UNE-EN ISO 717-1, la cual describe “el desplazamiento de la curva de referencia en intervalos de 1 dB o 0.1 dB (para los cálculos de incertidumbre) aproximándose a la curva obtenida de la medición hasta el punto en el que la suma de todas las desviaciones desfavorables sean lo más cercano, pero no mayor a 32,0 dB.” (UNE-EN ISO 717-1, 2013)

Una vez desplazada la curva y sumadas las desviaciones desfavorables cercanas a 32, el valor único de aislamiento está determinado por el valor de la curva de referencia en 500 Hz. El mismo procedimiento se aplicara para los parámetros acústicos  $D_{nT}$  y  $R'$ .

Cabe recalcar que por los objetivos del proyecto se realizaran dos desplazamientos de la curva por parámetro acústico; en el primer caso tomando en cuenta el desplazamiento de 1 dB y el otro con un desplazamiento de 0.1 dB. Entonces por cada medición de aislamiento acústico con el procedimiento determinado con la norma UNE-EN ISO 140-4, tendremos 2 valores globales para el parámetro  $D_{nT}$  y otros 2 para el parámetro  $R'$ .

### 3.7.3.2. Según la norma UNE-EN ISO 16283-1

Para este caso se aplicara el mismo procedimiento primeramente descrito con el desplazamiento de la curva de 1dB y 0.1 dB, obteniendo dos valores para cada parámetro acústico. Además se determinó el cálculo de valores globales para el método de barridos manuales al igual que los anteriores procedimientos y aplicando la fórmula propuesta según la propuesta NWIP 16717 para la evaluación de los resultados, la cual es ejecutable para cualquier parametro, con la formula.

$$R_{fuente} = 10 \times \log \left( \frac{\sum_i 10^{\frac{L_{ifuente}}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_{ifuente}-R_i)}{10}}} \right) \quad (\text{Ecuación 38})$$

Para este caso tendremos 6 valores globales de aislamiento acústico con el parámetro  $D_{nT}$  y otros 6 valores globales para el parámetro  $R'$ ; tanto para posiciones fijas de micrófono como barridos manuales, aplicando los desplazamientos de la curva de referencia de 1 dB y 0.1 dB y los valores globales determinados a través de la fórmula propuesta para posiciones fijas de micrófono y barridos manuales.

### **3.8. Procedimiento de cálculo de incertidumbre en ensayos acústicos**

Las principales fuentes de contribución de la incertidumbre se pueden dividir en dos casos:

- Incertidumbres debido a los equipos de medición.
- Incertidumbres por repetición de las medidas.

#### **3.8.1. Procedimiento del cálculo de incertidumbre**

El procedimiento para el cálculo de incertidumbre deberá determinarse continuamente por cada ensayo individualmente, ya que está comprendida con factores propios de la toma de las muestras como también los certificados de calibración de los equipos.

#### **3.8.2. Incertidumbre por equipos de medida**

La incertidumbre debido a los equipos de medida empleados en la medición está definida por la siguiente suma:

$$\delta_i(L) = \delta_{PFE} + \delta_{PFA} + \delta_{LS} + \delta_{RMS} + \delta_{PT} + \delta_{CA} + \delta_{CC} + \delta_{ES} + \delta_{TS} \quad (\text{Ecuación 39})$$

En donde cada término se encuentra definido por las siguientes definiciones.

##### **3.8.2.1. Corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A ( $\delta_{PFE}$ )**

Esta componente puede obtenerse del certificado de calibración del equipo, en donde el valor del certificado de la incertidumbre viene compuesta por un factor

de cobertura  $k=2$ , equivalente a un intervalo de confianza del 95.45 %. De esta manera la incertidumbre por este factor queda definida por la ecuación:

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Donde:

$U_E$  Es la incertidumbre de calibración eléctrica expandida certificada, obtenida del certificado de calibración del sonómetro.

$K_n$  Es igual 2.

### 3.8.2.2. Corrección de calibración acústica del nivel de presión del sonómetro con ponderación A ( $\delta_{PFA}$ )

La respuesta del equipo compuesta por el micrófono y el sonómetro, se verifica en un rango de 31,5 Hz a 16 KHz en bandas de tercio de octava con la ayuda de un calibrador acústico. El certificado otorgado por el laboratorio acreditado, declara un valor en la incertidumbre con un factor de cobertura.

$$u(\delta_{PFA}) = \frac{U_A}{K_n} \quad (\text{Ecuación 41})$$

Donde:

$U_A$  Es la incertidumbre de calibración acústica expandida certificada, obtenida del certificado de calibración del sonómetro.

$K_n$  Es igual 2.

### 3.8.2.3. Corrección asociada a la linealidad del sonómetro ( $\delta_{LS}$ )

La linealidad de un sonómetro es verificada con el empleo de una onda sinusoidal generada eléctricamente en un rango de frecuencia de 31,5 Hz a 12,5 KHz en saltos de 10 dB y de 1 dB. Por lo cual la linealidad será la media de todas las

desviaciones con respecto a la linealidad ideal y la incertidumbre será la desviación típica de las desviaciones dichas anteriormente.

$$u(\delta_{LS}) = \sigma_L \quad (\text{Ecuación 42})$$

Donde:

$\sigma_L$  Desviaciones con respecto a la media obtenida de las desviaciones con respecto a la linealidad ideal.

#### **3.8.2.4. Corrección asociada a la ponderación temporal ( $\delta_{PT}$ )**

La verificación de la ponderación temporal *slow* se la realiza con ráfaga sinusoidal en 2 KHz con una duración de 500 ms y una amplitud de 4 dB por debajo del límite superior del indicador primario. La verificación de la ponderación *fast* es similar al proceso antes descrito con una modificación en la duración de la ráfaga a 200 ms.

La corrección asociada para este caso es la media aritmética de las desviaciones con respecto a la característica ideal y la incertidumbre será definida por la desviación máxima obtenida.

$$u(\delta_{PT})|_{fast/slow} = \frac{\Delta_{PT}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Ecuación 43})$$

Donde:

$\Delta_{PT}$  Es la desviación máxima.

#### **3.8.2.5. Corrección asociada al ajuste inicial del sonómetro empleando un calibrador ( $\delta_{CA}$ )**

La verificación de la calibración en los ensayos acústicos se realiza antes de empezar la toma de las muestras para ello se cuenta con un calibrador para su comprobación y el ajuste a realizarse dependerá de cada equipo. La corrección

tendrá una incertidumbre igual a cero pero la incertidumbre será principalmente obtenida en base a la resolución propia del sonómetro.

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} \quad (\text{Ecuación 44})$$

Donde:

$E_S$  Es la resolución del equipo, extraído de la ficha técnica del equipo.

### 3.8.2.6. Corrección del empleo de un calibrador sobre su valor certificado ( $\delta_{CC}$ )

Esta corrección modela la acción en donde el empleo o el uso del calibrador acústico para su verificación, no son las mismas condiciones en las que fue certificado ya que las condiciones ambientales no van a ser las mismas, además el valor va a desviarse por el tiempo de uso.

$$u(\delta_{CC}) = \frac{U_C}{K_n} \quad (\text{Ecuación 45})$$

Donde:

$U_C$  Es la incertidumbre provocada por el uso del calibrador; extraído del certificado de calibración.

$K_n$  Es igual 2.

### 3.8.2.7. Corrección incorporada a la resolución finita del valor de indicación del sonómetro ( $\delta_{ES}$ )

Esta corrección e incertidumbre es asociada a la resolución digital del sonómetro, aunque la corrección debida a la resolución del sonómetro sea nula.

$$u(\delta_{ES}) = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} \quad (\text{Ecuación 46})$$

Donde:

$E_S$  Es la resolución del sonómetro, extraída de la hoja técnica del equipo.

### 3.8.2.8. Corrección incorporada a las variaciones de temperatura ( $\delta_{TS}$ )

Las condiciones en las cuales son calibrados los equipos son en ambientes controlados como por ejemplo la calibración del sonómetro en conjunto con su micrófono son calibrados a 23 °C. Al emplearse los equipos en diferentes condiciones originarias a las de calibración se presenta una corrección a la lectura del instrumento igual a  $\delta_{TS}$ . El rango de frecuencias en el cual trabaja el equipo tiene diferente comportamiento en cuanto a la temperatura para cada banda en donde se calculara el coeficiente de variación de la temperatura  $\alpha_M$  y se multiplicara por la resta entre la temperatura que se realizan las mediciones  $T_M$  y la temperatura referencial de calibración igual a 23 °C.

$$\delta_{TS} = \alpha_M(23 - T_M) \quad (\text{Ecuación 47})$$

De esta manera la incertidumbre viene dada por la una distribución de probabilidad rectangular en un intervalo  $T_M \pm \Delta T$ .

$$u(\delta_{TS}) = \frac{\alpha_M \Delta T}{\sqrt{3}} \quad (\text{Ecuación 48})$$

Donde:

$\Delta T$  Es la diferencia entre la temperatura en la cual se ejecutó el ensayo  $T_M$  y la temperatura de calibración del sonómetro 23 °C.

$\alpha_M$  Es igual a 0.015.

### 3.8.2.9 Incertidumbre por la repetición de las medidas

El método de cálculo para la incertidumbre de la medida será determinada a través de dos distintas formas de cálculo, como es la incertidumbre establecida por niveles sonoros y la incertidumbre de aislamiento acústico.

### 3.8.2.10. Cálculo de incertidumbre para ensayos de niveles de presión sonora

Es preciso dar a notar la incertidumbre final para el ensayo de aislamiento acústico ya establecidos algunos parámetros anteriormente.

La incertidumbre final para el ensayo de aislamiento acústico está determinada por:

$$U_{TOT} = KU_{COM} \quad (\text{Ecuación 49})$$

En donde:

$K$  El factor de cobertura estará dada por el 95,45% de intervalo de confianza, que representa un  $K = 2$ .

$U_{COM}$  Es la incertidumbre combinada de los factores debida al equipamiento y la incertidumbre debida a los ensayos de nivel sonoro; la cual está representada por:

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + Z^2} \quad (\text{Ecuación 50})$$

Donde:

$\delta_i(L)$  Es la incertidumbre debida a los equipos de medida.

$Z$  Es la incertidumbre calculada por las repeticiones de las medidas, la cual se calcula mediante:

$$Z = \sqrt{Cu} \quad (\text{Ecuación 51})$$

Donde:

$C$  Es el coeficiente de sensibilidad; determinada por la siguiente expresión.

$$C = \frac{10^{\frac{L_F}{10}}}{10^{\frac{L'}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}} \quad (\text{Ecuación 52})$$

Donde:

$L'$  Es la solución del ensayo.

$L_F$  Es el nivel promedio del ruido de fondo.

$u$  Esta determinada por las muestras de nivel de presión sonora, en las cuales se puede aplicar la corrección por ruido de fondo dependiendo el caso; por lo cual la incertidumbre debida a las muestras del nivel de presión sonora en el recito emisor están dadas por dos condiciones en la cuales se aplica o no aplica la corrección por ruido de fondo, expresada en la siguiente ecuación:

$$u = \sqrt{u'_{rec}{}^2 - u_{rec}{}^2} \quad (\text{Ecuación 53})$$

Donde:

$u'_{rec}$  Es definida por la desviación de las medidas del ruido de fondo corregido; la cual se puede calcular con la ecuación:

$$u'_{rec} = \frac{s(q'_k)}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 54})$$

En donde:

$n$  Es el número de muestras tomadas.

$s(q'_k)$  Es la desviación estándar de las muestras, las cuales es aplicada la corrección por ruido de fondo, representada por la ecuación:

$$s(q'_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^N (q'_k - \overline{q'_k})^2} \quad (\text{Ecuación 55})$$

Donde:

$\overline{q'_k}$  Es el promedio de las muestras corregidas por el ruido de fondo, determinada por:

$$\overline{q'_k} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q'_k \quad (\text{Ecuación 56})$$

$q'_k$  Son cada uno de los medrados con corrección por ruido de fondo.

Por otra parte hay que calcular el valor de  $u_{rec}$ , que representa el valor de la incertidumbre por las mediciones sin corrección por ruido de fondo, de los niveles de nivel de presión sonora en el recinto receptor. Donde se encuentra definido por la ecuación:

$$u_{rec} = \frac{s(q_k)}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 57})$$

En donde:

$n$  Es el número de muestras tomadas.

$s(q_k)$  Es la desviación estándar de las muestras, sin corrección por ruido de fondo, representada por la ecuación:

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^N (q_k - \overline{q_k})^2} \quad (\text{Ecuación 58})$$

Donde:

$\overline{q_k}$  Es el promedio de las muestras corregidas por el ruido de fondo, determinada por:

$$\overline{q_k} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (\text{Ecuación 59})$$

$q_k$  Son cada uno de los medurados sin corrección por ruido de fondo.

En cuanto a la propagación de la incertidumbre relacionad a la medición del tiempo de reverberación podemos definir las siguientes ecuaciones, las cuales se utilizaran según corresponda el caso para el T20 o T30.

$$u_{rep}(T) = 0.88 \times T_{20j} \times \sqrt{\frac{1 + (\frac{1.9}{n})}{NBT_{20j}}} [s] \quad (\text{Ecuación 60})$$

$$u_{rep}(T) = 0.55 \times T_{30j} \times \sqrt{\frac{1 + (\frac{1.52}{n})}{NBT_{30j}}} [s] \quad (\text{Ecuación 61})$$

En donde:

$B[Hz]$  Es el ancho de banda, donde para cada banda de tercio de octava se calcula mediante la ecuación:

$B = 0.23f$  Donde  $f$  es la frecuencia en Hz.

$N$  Es el número de combinación de posición de micrófono y fuente.

$n$  Es el número de tomas de muestra en cada posición.

### 3.8.3. Calculo de incertidumbre para ensayos de aislamiento

Como objetivo de esta sección, está determinado el cálculo de la incertidumbre de medida para ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo; específicamente se calculara la incertidumbre para el parámetro  $D_{nT}$ .

Como fue expresada anteriormente la expresión con la cual se calculara la incertidumbre final del ensayo, por motivos didácticos se repetirá la formula en este apartado:

$$U_{TOT} = KU_{COM} \quad (\text{Ecuación 62})$$

Donde:

$K$  Es el factor de cobertura  $K = 2$ , el cual representa un 95.45% de confianza.

$U_{COM}$  Es la incertidumbre combinada, la cual representa la incertidumbre debido al equipamiento en conjunto con la incertidumbre de la valoración del parámetro  $D_{nT}$ .

Para el cálculo de incertidumbre debido al parámetro  $D_{nT}$ , debemos conocer cuales factores son los que influyen en su medida como muestra la siguiente ecuación:

$$D_{nT} = L_1 - L'_2 - 10 \log\left(\frac{T_R}{0.5}\right) \quad (\text{Ecuación 63})$$

En donde:

$L_1$  Es el nivel de presión sonora de emisión.

$T_R$  Es el tiempo de reverberación en el recinto receptor.

$L'_2$  Es el nivel corregido por ruido de fondo del recinto receptor, determinada por la ecuación:

$$6 \text{ dB}(A) \leq L_2 - L_F \leq 10 \text{ dB}(A) \rightarrow L'_2 = \left(10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}\right) \quad (\text{Ecuación 64})$$

Donde:

$L_2$  Es el nivel de presión sonora de recepción.

$L_F$  Es el nivel de presión sonora de ruido de fondo.

Por lo tanto la incertidumbre combinada y sus magnitudes de introducción serán el nivel de presión sonora de emisión  $L_1$ , el nivel de presión sonora de recepción y su respectiva corrección por ruido de fondo  $L'_2$ , además del tiempo de reverberación  $T_R$ . Determinada por la ecuación:

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + (C_1 \overline{L_1})^2 + (C_2 \overline{L'_2})^2 + (C_3 \overline{T_R})^2} \quad (\text{Ecuación 65})$$

Donde:

$\delta_i(L)$  Es la incertidumbre debida al equipamiento.

$\overline{L}_1$  Es la desviación del nivel de presión sonora de emisión.

$C_1$  Es el coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora en el recinto emisor con un valor igual a  $C_1 = 1$ . Desarrollada por la ecuación:

$$C_1 = \frac{dD_{nT}(f)}{dL_1}$$

$$C_1 = \frac{d(L_1 - (L'_2 + 10 \log(\frac{T_R}{0.5})))}{dL_1} = 1 \quad (\text{Ecuación 66})$$

$\overline{L}_2$  Es la desviación del nivel de presión sonora de recepción.

$C_2$  Es el coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora en el recinto receptor definido por la ecuación:

$$C_2 = \frac{dD_{nT}(f)}{dL_2}$$

$$C_2 = \frac{d(L_1 - (L'_2 + 10 \log(\frac{T_R}{0.5})))}{dL_2} \quad (\text{Ecuación 67})$$

Desarrollando la ecuación para la expresión de la incertidumbre combinada incorporando la corrección por ruido de fondo, se originan otros coeficientes de sensibilidad, en donde la nueva ecuación de incertidumbre combinada es expresada de la siguiente manera:

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + (C_1 \overline{L}_1)^2 + (C_{21} \overline{L}'_2)^2 + (C_{22} \overline{L}_F)^2 + (C_3 \overline{T}_R)^2} \quad (\text{Ecuación 68})$$

En donde los coeficientes de sensibilidad se encuentran definidos de la siguiente manera:

$C_{21}$  Es el coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora en recepción, definida por las siguientes ecuaciones:

Para el caso en el cual cumpla la siguiente ecuación:

$$L_2 - L_F < 6 \text{ dB}(A) \text{ o } L_2 - L_F \geq 10 \text{ dB}(A) \quad (\text{Ecuación 69})$$

El coeficiente de sensibilidad está dado por:

$$C_{21} = \frac{dL'_2}{dL_2} = 1 \quad (\text{Ecuación 70})$$

Para el siguiente caso en el cual cumpla la siguiente ecuación:

$$6 \text{ dB}(A) \leq L_2 - L_F < 10 \text{ dB}(A) \quad (\text{Ecuación 71})$$

El coeficiente de sensibilidad está dado por:

$$C_{21} = \frac{10^{\frac{L_2}{10}}}{10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}} \quad (\text{Ecuación 72})$$

$C_{22}$  Es el coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora de ruido de fondo, definida por las siguientes ecuaciones:

Para el caso en el cual cumpla la siguiente ecuación:

$$L_2 - L_F < 6 \text{ dB}(A) \text{ o } L_2 - L_F \geq 10 \text{ dB}(A) \quad (\text{Ecuación 73})$$

El coeficiente de sensibilidad está definido por:

$$C_{21} = \frac{dL'_2}{dL_F} = 0 \quad (\text{Ecuación 74})$$

Para el caso en el cual cumpla la siguiente ecuación:

$$6 \text{ dB}(A) \leq L_2 - L_F < 10 \text{ dB}(A) \quad (\text{Ecuación 75})$$

El coeficiente de sensibilidad está definido por:

$$C_{21} = \frac{10^{\frac{L_F}{10}}}{10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}} \quad (\text{Ecuación 76})$$

$C_3$  Es el coeficiente de sensibilidad asociada al tiempo de reverberación  $T_R$ , definida por la siguiente ecuación:

$$C_3 = \frac{dD_{nT}(f)}{dT_R} = \frac{10}{\ln 10} \times \frac{1}{T} [\text{s}^{-1}] \quad (\text{Ecuación 77})$$

## 4. Capítulo IV. Resultados

### 4.1. Resultado de la comparación textual de normativas

A continuación se presentaran los resultados principales de la comparativa textual de las normativas de aislamiento acústico de estudio como son las normativas UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 16283-1, definidas anteriormente.

#### 4.1.1. Objeto principal de las normativas

##### *UNE-EN ISO 140-4*

El campo de aplicación de la normativa es en las mediciones en las cuales el campo sonoro puede considerarse difuso.

##### *UNE-EN ISO 16283-1*

Entra en vigencia en donde el campo sonoro puede ser, o no ser un campo difuso. Expone los tipos de mediciones en campo sonoro en los que los operadores del equipo pueden hacer mediciones manipulando un micrófono de mano o sonómetro. Además de contener pautas complementarias para mediciones especiales las cuales estaban contenidas en la Norma ISO 140-14 (Medición del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos de construcción. Parte 14: Directrices para situaciones especiales *in situ* (ISO 140-14:2004/Cor 1:2007).

#### 4.1.2 Objeto y campo de aplicación

Tabla 7.

Objeto y campo de aplicación

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Volúmenes de recintos	No está definida.	De 10 m <sup>3</sup> hasta 250 m <sup>3</sup> .
Rango de Frecuencias	50 [Hz]- 5000 [Hz].	50[Hz] hasta 5000 [Hz].

Podemos observar en la **Tabla 7** que la norma vigente UNE-EN ISO 16283-1 define el rango de aplicación de los volúmenes de los recintos.

#### 4.1.3. Definiciones

Tabla 8.

Definiciones en las normativas

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
NPS de esquina en un recinto LESQUINA	No está definida.	Para las bandas de 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz.
NPS de baja frecuencia promediado energéticamente en un recinto	No está definida.	LLF para bandas 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz.
Micrófono de movimiento continuo mecanizado	No está definida.	Micrófono movido de forma mecánica, con velocidad angular constante.
Micrófono de barrido manual	No está definida.	Micrófono acoplado a un sonómetro de mano, movido por un humano a lo largo de una trayectoria establecida.

En la **Tabla 8** podemos encontrar nuevas definiciones que aplican a los nuevos procedimientos implementados en la norma actual vigente.

#### 4.1.4. Equipo e instrumentación

Tabla 9.

Equipo e instrumentación

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Sonómetro	De clase 0 o 1.	Deben cumplir los requisitos para instrumentos de clase 1.
Verificación	No está definida.	Al principio al final de cada sesión de mediciones, con calibrador clase 1.
Calibración	No está definida.	Calibrador, calibrar en intervalos que no superen 1 año. Sistema de instrumentación y filtros calibrar en intervalos que no superen los 2 años.

Podemos observar que los requerimientos de equipo y calibraciones se encuentran ya definidas en la normativa UNE-EN ISO 16283-1 haciendo una normativa muy completa, adecuada para la comprensión de todos los destinatarios como podemos observar en la **Tabla 9**.

#### *Verificación*

Es de suma importancia el registro en las hojas de campo todas las verificaciones de calibraciones en nivel de presión sonora que se ha tomado del equipo. “La diferencia entre dos comprobaciones consecutivas deben ser menor o igual a 0.5 *dB*.” (UNE-EN ISO 16283-1, 2015, p. 12). Si la verificación no cumple con lo estipulado previamente, la medición se considerara nula hasta la última medición que cumpla lo requerido.

#### 4.1.5. Rango de frecuencias

El conjunto de magnitudes que se miden en el ensayo, deben mesurarse con un filtro de banda en tercios de octava cumpliendo con un rango de frecuencias de 100 – 3150 [Hz], con las siguientes frecuencias centrales:

[Hz] 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 y 3150.

Si el caso requiriere para obtener información adicional, el rango en altas frecuencias se expande a 4000, 5000 Hz y en bajas frecuencia el rango se extiende a 50, 53 y 80 Hz .

En este estudio realizado se analizaran los datos en el rango de frecuencias de 50 Hz a 5000 Hz.

#### 4.1.6. Disposición de ensayos

Tabla 10.

Disposición de ensayo

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Disposición	Las mediciones entre recintos vacíos deberían efectuarse con difusores.	El campo sonoro no se debería modificar.

Podemos observar en la **Tabla 10** las disposiciones de ensayo en donde en la nueva normativa no se debe modificar el campo acústico, siendo una medición más real con resultados veraces.

#### 4.1.7. Generación del campo sonoro

En la **Tabla 11** describe los requisitos para poder desarrollar el ensayo encontrándonos con límites más permisibles y ajustados a la realidad para los ensayos horizontales como verticales en la nueva normativa vigente.

Tabla 11.

## Disposición de ensayo

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
En el emisor	Se recomienda ruido blanco.  En el recinto emisor no es adecuado tener diferencias de >6 dB entre bandas de tercio de 1/8.	Se recomienda ruido blanco o ruido rosa.  El NPS promediado en el recinto emisor no debe tener diferencias >8dB entre las bandas de tercio de 1/8 vecinas, en frecuencias > de 100 Hz.
Fuente sonora	La fuente sonora estará colocada, creando un campo sonoro difuso, a una distancia prudente de los elementos constructivos.	La fuente debe estar ubicada al menos 0,5m y 1,0m del elemento de separación.  Debe estar distanciada 0,7m de cualquier superficie. Las posiciones deben tener una distancia de 1,4m la una de la otra.
Fuente en mediciones verticales	No está definida.	El altavoz no debe estar a menos 1m por encima del suelo.

**4.1.8. Posiciones de micrófono**

Podemos observar en la **Tabla 12** los cambios muy específicos que se realizaron en la nueva normativa en la cual especifica claramente la distancia del operador al equipo, además del número de posiciones fijas de micrófono.

Tabla 12.

## Posiciones de micrófono

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Distancia del operador	No está definida.	Debe ubicarse a una distancia de al menos un brazo del micrófono.
Posiciones fijas	Mínimo de cinco posiciones distribuidas uniformemente.	Para múltiples altavoces funcionando como un único altavoz, 5 posiciones fijas. No deben haber 2 posiciones en el mismo plano y ninguna posición en retícula rectangular.

*Distancias mínimas para la ubicación de micrófonos*

Los valores expresados a continuación, son valores mínimos con los que se debe cumplir procurando siempre superar estos límites en los casos en los cuales se permitan sobrepasarlos.

- Tiene que existir una separación mínima de 0.7 m entre posiciones de micrófono.
- Las distancias mínimas entre cualquier superficie límite en los recintos es de 0.5 m para cualquier ubicación del micrófono.
- Debe existir una distancia mínima de 1,0 m desde cualquier posición del micrófono hacia el centro de la fuente sonora.

**4.1.9. Medición del tiempo de reverberación**

Podemos destacar en la **Tabla 13** que la actual normativa UNE-EN ISO 16283-1, describe de una manera más práctica la medición del tiempo de reverberación para el ensayo.

Tabla 13.

## Medición del tiempo de reverberación

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Normativa de referencia	ISO 354 la evaluación del tiempo de reverberación.	Norma ISO3382-2 e ISO 18233.
Evaluación en tiempo	El TR se calcula a partir de la curva de caída, iniciando alrededor de 0,1s después que la fuente haya cesado.	El cálculo del TR de la curva de caída debe iniciarse a 5 dB por debajo del NPS inicial.
Operador		Cualquier operador que se encuentre en el recinto receptor en la medición de NPS debe estar en la medición de TR.
Procedimiento por defecto		Método del ruido interrumpido o de respuesta de impulso integrada
Procedimiento para bajas frecuencias		En volúmenes de recintos < 25 m <sup>3</sup> , el valor obtenido en la banda de 63 Hz podrá ser tomado para las bandas de 50 Hz, 63 Hz y 80 Hz.
Numero de mediciones	Mínimo de 6 mediciones para cada banda de frecuencia.	Un total de 6 mediciones al menos una posición de altavoz con 3 posiciones fijas de micrófono y dos mediciones en cada posición o seis posiciones del micrófono fijas y una medición en cada una.

*Nota:* Tiempo de Reverberación (TR)

#### 4.1.10. Micrófono barrido manual

Tabla 14.

##### Micrófono de barridos manuales

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Barridos manuales	No está definida.	Describe trayectorias de tipo circular, helicoidal, cilíndrica o tres semicírculos.
Número de mediciones	No está definida.	Mínimo una medición utilizando un micrófono de barrido manual por cada posición de fuente.

Como se especifica en la **Tabla 14** la nueva normativa estipula 4 métodos de barridos manuales para la toma de muestras en el ensayo las cuales no habían sido empleadas anteriormente dando otro método de toma de muestras para el ensayo, especificadas a continuación:

##### *Circulo*

El operador debe estar de pie sujetando el micrófono o el sonómetro con el brazo extendido a la vez que girar el cuerpo en un ángulo de 270 a 360 grados.

El plano del círculo debe estar inclinado, no debe situarse en ningún plano menor de 10 grados desde cualquier superficie.

Se puede poner de rodillas para disminuir la altura del micrófono cuando se repite la trayectoria en otra posición en el recinto. El operador debe procurar una velocidad angular constante de 20° por segundo. (UNE-EN ISO 16283-1, 2015, p. 17)



Figura 19. .Movimiento circular de barrido manual.

### *Helicoide*

El operador sostiene el micrófono o el sonómetro con el brazo extendido en una posición inicial a 0,5 m por encima del suelo a continuación gira el cuerpo como mínimo dos veces  $360^\circ$  desde la posición en cuclillas a la posición de pie, finalizando con el micrófono en una posición no más alejada de 0,5 del techo. La velocidad angular máxima debe de ser de  $20^\circ$  por segundo. (UNE-EN ISO 16283-1, 2015, p. 17)

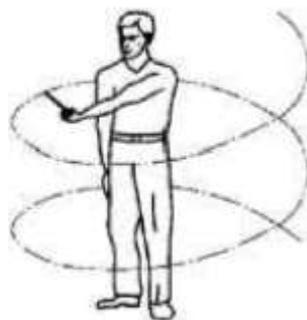
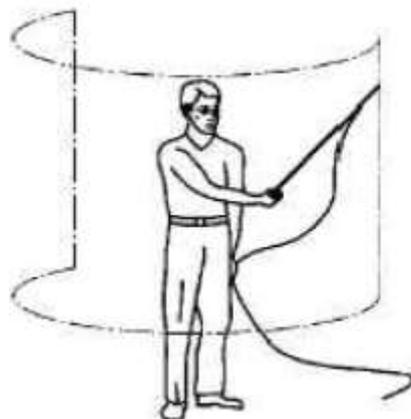


Figura 20. Movimiento helicoidal de barrido manual.

### *Tipo cilíndrica*

El operador debe utilizar de 0,3m a 0,9m una varilla de prolongación para sujetar el micrófono. Para un operador diestro, la trayectoria comienza 0,5m por encima del suelo desde una posición aproximada de  $90^\circ$  a la izquierda donde la varilla hace el barrido paralelo al suelo cubriendo un ángulo de  $220^\circ$ . El barrido continúa verticalmente en línea recta hasta 0,5 m del techo, otro barrido sobre  $220^\circ$  para

luego descender verticalmente. La velocidad angular máxima debe ser de  $20^\circ$  por segundo y en las rectas de 0,25m/s. (UNE-EN ISO 16283-1, 2015, p. 17)



*Figura 21. Movimiento tipo cilíndrico de barrido manual.*

### *Tres semicírculos*

El operador debe estar de pie sosteniendo el micrófono o el sonómetro con el brazo extendido, y trazar tres semicírculos con separaciones aproximadamente de  $45^\circ$  a  $60^\circ$ . Si es necesario el operador debe de ponerse de rodillas para reducir la altura, esto se debería hacer cuando la trayectoria se repite en otra posición. La velocidad angular debe ser aproximadamente  $20^\circ$  por s. (UNE-EN ISO 16283-1, 2015, p. 17)



*Figura 22. Movimiento tres semicírculos de barrido manual.*

#### 4.1.11. Tiempos de promediado

Tabla 15.

Tiempos de promedio

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Posición de micrófono fijas	Para frecuencias <400 Hz un tiempo de 6 s y para frecuencias mayores un tiempo de 4s.	Mínimo 6 s para el rango de 100 Hz a 400 Hz, para 500 Hz a 5kHz mínimo de 4 s y para 50 Hz a 80 Hz mínimo 15 s.
Micrófono de barrido manual	No está definida.	Mínimo 6s en el rango de frecuencias de 100 a 400 Hz. Para 500 a 5000Hz mínimo 4s. Para 50 a 80 Hz el tiempo es de al menos 15s.

Podemos observar en la **Tabla 15** que los tiempos de toma de la muestra son mayores en la nueva normativa, para el estudio de un rango amplio de baja frecuencia.

Con fines del estudio realizado para la obtención de una muestra adecuada en el rango de frecuencias de 50 Hz a 5 kHz, en posiciones fijas de micrófono se determinó un promedio de 15 segundos en cuanto a la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y para la normativa UNE-EN ISO 140-4 un tiempo de promediado de 10 segundos.

Los tiempos promediados para la captura de las muestras para barridos manuales fueron determinados de 60 s, tomando en cuenta la normativa UNE-EN ISO 16283-1.

#### 4.1.12. Registro de resultados.

Tabla 16.

Expresión de resultados

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Expresión de resultados	Expresar los valores Dn, DnT o R', para todas las frecuencias con una cifra decimal, de forma tabular y gráfica, frecuencia en función de decibelios, 15 mm para banda de octava, 20 mm para 10 dB para las gráficas.	Los resultados de DnT y R', se debe indicar en todas las bandas de frecuencias en tercio de 1/8 con posición decimal, tabulada y dibujada en curva. Con un formato de 5mm para la banda de un tercio de octava y 10mm para 10dB.

Podemos destacar que para la expresión de los resultados en el informe de la actual normativa cambia su escala para representar los valores de los resultados como se puede observar en la **Tabla 16**.

#### 4.1.13. Directrices adicionales

La **Tabla 17** incide en pautas adicionales para las mediciones *in situ* de aislamiento a ruido aéreo, tanto para mediciones horizontales y verticales, para la correcta ejecución del ensayo.

Tabla 17.

## Directrices adicionales

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Principios	No está definida.	El recinto de mayor volumen debería ser el recinto emisor.
Mediciones horizontales	No está definida.	El altavoz será ubicado en las esquinas próximas a la pared trasera de la separación común.  El altavoz debería encontrarse lo más próximas a las esquinas del recinto.
Mediciones verticales	No está definida.	El soporte del altavoz debería colocarse sobre un material elástico a una distancia del suelo en el recinto superior.  Se deberá medir en el lugar más próximo a la separación común.

**4.1.14. Tipos de recintos específicos**

En este apartado se muestra instrucciones adicionales específicamente de la norma UNE-EN ISO 16283-1 a los recintos comunes los cuales se están acostumbrados a medir, para tener una mejor ejecución en las tomas de muestras para la medición, clasificándose en:

*Recintos divididos parcialmente*

En recintos en donde no estén completamente divididos y bien definidos, la normativa UNE-EN ISO 16283-1 aclara que si el área del orificio es menor o igual a un tercio del área total de la medianera, se pueden considerar como recintos

individuales y la ubicación de la fuente sonora deberá estar alejada de todas las ranuras u orificios que contenga el pared.

#### *Recintos amortiguados*

En este tipo de recintos en donde el nivel de presión sonora decaiga rápidamente, es indispensable tomar las muestras lo más cercano posible a la medianera y excluir los espacios en donde la energía decaiga el doble.

#### *Recintos desplegados*

Recintos que no concuerden con otros recintos adyacentes es decir se encuentran desplegados de la partición común, la normativa indica ubicar las posiciones de micrófono dentro de la separación que concuerde con los dos recintos de estudio.

#### *Recintos con geometría compleja.*

No se indican parámetros fijos los cuales como poder hacer la medición, pero se menciona que deben realizarse lo más cercano a la superficie común y se podrían utilizar más posiciones de fuentes.

#### **4.1.15. Procedimiento de baja frecuencia**

La normativa UNE-EN ISO 16283-1 en esta sección explica el procedimiento que se llevaran a cabo para la toma de muestras cuando los volúmenes son menores a  $25 m^3$  en donde se aplica este procedimiento de baja frecuencia para las frecuencias de 50, 63 y 80 Hz. El procedimiento completo se encuentra detallado en la **Tabla 18**.

Tabla 18.

## Procedimiento baja frecuencia

	UNE-EN ISO 140-4	UNE-EN ISO 16283-1
Principios	No está definida.	Se utiliza las bandas de tercio de 1/8 de 50, 63, 80Hz en el recinto emisor y/o receptor cuando el volumen es < a 25 metros cúbicos. Con al menos dos posiciones de fuente.
Posiciones de fuente		Deben ser las mismas posiciones que se utilizan para el procedimiento por defecto
Posiciones de micrófono	Las ubicaciones de micrófono se deberían distribuir uniformemente.	Un micrófono fijo en las esquinas del recinto a 0,3m-0,4m de cada superficie en la esquina. Con 2 puntos cerca del suelo y otras 2 a nivel del techo.
Tiempo de promediado	Mínimo 15s para medidas en la banda de 50 Hz.	Para cada posición de micrófono individual es de al menos 15s.

## 4.2. Resultados de los ensayos de aislamiento

A continuación se denotaran los resultados totales del estudio realizado de mediciones de aislamiento acústico. Mediante las normativas a estudio en su rango frecuencial respectivamente y aplicando métodos distintos que están especificados para el cálculo de valores globales de aislamiento detallados a continuación, la cual corresponde a cada una de las columnas de las tablas:

- Para los resultados obtenidos mediante la normativa UNE-EN ISO 16283-1, se aplicó el desplazamiento de la curva referencial *living*.
- Para los resultados obtenidos mediante la normativa UNE-EN ISO 140-4, se aplicó el desplazamiento de la curva referencial detallada en la normativa UNE-EN ISO 717-1
- Para los resultados obtenidos mediante el procedimiento de barridos manuales descritos en la normativa UNE-EN ISO 16283-1, se aplicó de igual manera el desplazamiento de la curva referencial *living*.
- Para los resultados obtenidos mediante el procedimiento de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y NWIP 16717, se aplicó la formula general propuesta por dicha normativa para el cálculo de valores globales de aislamiento acústico.
- Para los resultados obtenidos mediante el procedimiento de barridos manuales descritos en la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y NWIP 16717, se aplicó la formula general propuesta por dicha normativa para el cálculo de valores globales de aislamiento acústico.

### 4.2.1. Resultados totales con el parámetro $D_{nt,w}$

En la **Tabla 19** se procedió al análisis de estadística descriptiva para cada uno de los casos de las normativas, tomando en cuenta todos los datos obtenidos de los valores de aislamiento global en mediciones tanto de tipo horizontal y vertical sin ninguna clasificación para el caso de la **Tabla 19**, en el cual se compone de todas las 83 mediciones.

Tabla 19.

Promedios totales por normativas para mediciones con el parámetro ( $D_{nT,w}$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	39.50	40.31	39.51	39.00	38.93
Mediana	41.20	41.60	41.70	40.32	40.38
Desviación estándar	9.73	9.76	9.77	9.67	9.64
Mínimo	20.50	21.20	20.30	20.70	20.09
Máximo	58.70	59.90	59.30	58.30	58.99
Cuenta	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00

De la **Tabla 19** podemos determinar las siguientes observaciones:

La media más alta del valor global de aislamiento acústico está dada por los resultados de la norma UNE-EN ISO 140-4, cuyos resultados se obtuvieron del desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1, para un rango más pequeño en frecuencia. Por otro lado la media más baja está dada por los resultados obtenidos a través de los barridos de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y la ecuación propuesta por la norma NWIP 16717.

Por otro lado, se observa que los resultados de las mediciones ejecutadas mediante la normativa UNE-EN ISO 16283-1, tanto aplicando el método de posiciones de micrófono fija, como barridos manuales son valores casi iguales.

La desviación en todos los casos se encuentran dentro de un mismo margen de 9.64 a 9.77, aun que se presentan valores altos ya que en la **Tabla 19** se muestra el análisis estadístico de todas las muestras sin ninguna clasificación en particular.

En cuanto a los resultados mínimos y máximos coinciden con la tendencia de las medias, es decir que los resultados más altos están dados por la norma UNE-

EN ISO 140-4, cuyos resultados se obtuvieron del desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1, mientras que la media más baja está dada por los resultados obtenidos a través de los barridos de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y la ecuación propuesta por la norma NWIP 16717.

La diferencia lineal entre el máximo y el mínimo de las medias para la **Tabla 19** es de 1.38 *dB*.

#### 4.2.1.1. Resultados totales con el parámetro $D_{nT,w}$ en mediciones horizontales

En el siguiente apartado se presentaran los resultados totales obtenidos en mediciones *in situ* de tipo horizontales, realizadas entre habitaciones y entre departamentos.

Tabla 20.

Promedios totales por normativas para mediciones horizontales ( $D_{nT,w}$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	37.06	37.88	37.20	36.53	36.60
Mediana	40.30	40.40	40.40	39.38	39.26
Desviación estándar	8.23	8.28	8.52	8.06	8.32
Mínimo	20.50	21.20	20.30	20.70	20.09
Máximo	52.90	53.00	52.10	52.56	52.02
Cuenta	71.00	71.00	71.00	71.00	71.00

Se puede observar que en la **Tabla 20**, la similitud de los resultados de los datos obtenidos a través la normativa UNE-EN ISO 16283-1 y el desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1 para posiciones de micrófono fijas, con los resultados obtenidos con la misma normativa pero aplicando el método de barridos manuales; con una diferencia de 0.14 *dB*.

A demás de una similitud más cercana entre los resultados adquiridos con la normativa UNE-EN ISO 16283-1 vinculado a la ecuación propuesta en la normativa NWIP 16717 y los resultados obtenidos a través del método de barridos manuales con la normativa UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la normativa NWIP 16717; con una diferencia de 0,07 *dB*.

Por otro lado la desviación estándar sigue siendo alta aunque haya disminuido un poco debido al número de muestra de mediciones horizontales en este apartado. Se puede observar que las desviaciones varían en un intervalo de 8.06 a 8.52 para todos los procedimientos estudiados, en el cual se puede decir que son estables.

La diferencia lineal entre el valor máximo de media correspondiente al método de la normativa UNE-EN ISO 140-4 junto a la norma UNE-EN ISO 717 y el mínimo valor de las medias UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto a la propuesta NWIP 16717, tiene un valor igual a 1.35 *dB*.

#### **4.2.1.2. Resultados totales con el parámetro $D_{nT,w}$ en mediciones horizontales menores a 25 m<sup>3</sup>**

La **Tabla 21** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones horizontales, en recintos menores a 25 m<sup>3</sup> para cada normativa. En donde se recogieron un total de 12 mediciones.

Podemos distinguir las siguientes observaciones de la **Tabla 21**:

El menor resultado que se pudo obtener en base a la media de las mediciones fue aplicando los procedimientos de la norma para micrófonos fijos con la norma UNE-EN ISO 16283-1 con la norma NWIP 16717, la cual cumple con el objetivo de tomar en cuenta la baja frecuencia.

El resultado de la media más alto para este caso está definida por los resultados de la normativa UNE-EN ISO 140-4 con el método del desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1.

Existe una diferencia entre el máximo y el mínimo valor de la media de los resultados de 0.95 *dB*.

Las desviaciones estándar están en un rango de 8.44 a 9.02 para todos los procedimientos ejecutados. Pese a que existen menos cantidad de mediciones para recintos menores a 25 metros cúbicos se puede observar que la desviación es grande, esto se puede atribuir al comportamiento de baja frecuencia haciendo que las mediciones para este caso no sean estables.

Tabla 21.

Resultados totales por normativas para mediciones horizontales menores a 25m<sup>3</sup> (DnT,w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	32.10	32.63	32.46	31.68	32.00
Mediana	34.85	35.00	34.80	34.08	34.27
Desviación estándar	8.79	8.44	9.02	8.56	8.75
Mínimo	20.50	21.20	20.50	20.70	20.59
Máximo	47.00	47.60	47.20	46.59	46.84
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00

#### 4.2.1.3. Resultados totales con el parámetro D<sub>nT</sub> en mediciones horizontales mayores a 25 m<sup>3</sup>

La **Tabla 22** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones horizontales, en recintos mayores a 25 m<sup>3</sup> para cada normativa. En donde se recogieron un total de 59 mediciones.

Tabla 22.

Promedios totales por normativas para mediciones horizontales mayores a 25m<sup>3</sup> (DnT,w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	38.07	38.95	38.17	37.51	37.54
Mediana	40.80	41.40	41.10	40.10	40.12
Desviación estándar	7.81	7.90	8.16	7.66	7.99
Mínimo	22.20	23.00	20.30	22.02	20.09
Máximo	52.90	53.00	52.10	52.56	52.02
Cuenta	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00

Podemos destacar las siguientes observaciones de la **Tabla 22**:

El menor resultado que se pudo obtener en base a la media de las mediciones fue aplicando los procedimientos de la norma UNE-EN ISO 16283-1 con la norma NWIP 16717, la cual cumple con el objetivo de tomar en cuenta la baja frecuencia.

El resultado de la media más alto para este caso está definida por los resultados de la normativa UNE-EN ISO 140-4 con el método del desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1.

La diferencia entre el mínimo y el máximo de los resultados obtenidos en la media es de 1.44 *dB*.

Se puede determinar que las desviaciones estándar para los procedimientos se encuentran en un rango de 7.66 a 8.16. Para este caso se puede decir que pese a las desviaciones sean grandes, de cierto modo presentan una estabilidad ya que se encuentran en un rango pequeño de desviaciones.

#### 4.2.1.4. Resultados totales para mediciones verticales con el parámetro

##### $D_{nT,W}$

En este apartado se expresara los resultados totales para mediciones verticales.

La **Tabla 23** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones verticales. En donde se recogieron un total de 12 mediciones.

Tabla 23.

Promedios totales por normativas para mediciones verticales

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	53.92	54.63	53.19	53.62	52.66
Mediana	53.95	55.10	53.40	53.97	52.95
Desviación estándar	3.03	3.37	3.21	3.14	3.31
Mínimo	49.70	50.20	47.60	49.27	46.17
Máximo	58.70	59.90	59.30	58.30	58.99
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00

El siguientes análisis de la **Tabla 23** se presenta a continuación:

El resultado mínimo que se pudo obtener en referencia a la media de las mediciones, fue aplicando los procedimientos de barridos manuales de la norma UNE-EN ISO 16283-1 con la norma NWIP 16717, la cual cumple con el objetivo de tomar en cuenta la baja frecuencia.

El mayor resultado de la media para este apartado está definido por los resultados de la normativa UNE-EN ISO 140-4 con el método del desplazamiento de la curva UNE-EN ISO 717-1.

La diferencia entre el mínimo y el máximo de los resultados obtenidos en la media es de 1.97 dB.

Podemos destacar que el valor obtenido de las medias con los diferentes procedimientos de las normativas en la **Tabla 23** de mediciones verticales, superan a todos los valores de las anteriores tablas con el parámetro  $D_{nT,w}$ .

Adicionalmente la desviación estándar está por debajo de los anteriores resultados ya que para mediciones verticales se ejecutaron menor número de mediciones que para mediciones horizontales.

#### 4.2.2. Resultados totales del parámetro R',w

En este apartado se representara todos los resultados obtenidos a través del parámetro R',w.

En la **Tabla 24** se procedió al análisis de estadística descriptiva para cada uno de los casos de las normativas, tomando en cuenta todos los datos obtenidos de los valores de aislamiento global en mediciones tanto de tipo horizontal y vertical sin ninguna clasificación para el caso de la **Tabla 24**, en el cual se compone de todas las 83 mediciones.

Tabla 24.

Promedios totales por normativas con el parámetro (R',w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	38.47	39.39	38.52	38.03	37.96
Mediana	39.50	40.40	39.20	38.20	38.16
Desviación estándar	10.25	10.21	10.04	10.04	10.00
Mínimo	19.60	20.40	17.60	19.37	17.43
Máximo	60.00	61.20	60.70	59.61	60.30
Cuenta	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00

Se puede destacar las siguientes observaciones en la **Tabla 24**:

El menor resultado que se obtuvo para el valor de aislamiento acústico con respecto a la media indicada en la **Tabla 24**, fue con el procedimiento de medición mediante barridos manuales aplicando la normativa vigente, en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 167171.

El mayor resultado en cuanto al valor de aislamiento acústico con respecto a la media de todas las mediciones, está dada por el procedimiento de medición

según la norma UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la normativa UNE-EN ISO 717-1.

El resultado de la diferencia lineal entre el mayor y el menor resultado obtenido según la **Tabla 24** es de 1,43 *dB*.

La desviación estándar es alta debido a que no se ha considerado ninguna clasificación en un rango de 10.00 a 10.25; pese a esto se puede determinar que existe un rango pequeño de las desviaciones y se podría afirmar que todos los métodos son estables.

Se puede observar que los resultados de mínimos y máximos según el procedimiento concuerdan con el mínimo y máximo de todas las medias con distintos métodos de medición y resultados globales.

#### **4.2.2.1. Resultados totales con el parámetro $R',w$ en mediciones horizontales**

En el siguiente apartado se presentarán los resultados totales obtenidos en mediciones *in situ* de tipo horizontales, realizadas entre habitaciones y entre departamentos.

En la **Tabla 25** se procedió al análisis de estadística descriptiva para cada uno de los casos de las normativas, tomando en cuenta todas las mediciones horizontales con el parámetro  $R',w$ .

Se puede destacar como el valor mínimo en los resultados de la **Tabla 25** con respecto a la media al resultado obtenido mediante la norma vigente UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta realizada en la norma NWIP 167171.

En el caso del valor máximo en los resultados de la **Tabla 25** de igual manera con respecto a la media, podemos concatenar al procedimiento de medición de la norma UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la norma UNE-EN ISO 717-1.

Tabla 25.

Promedios totales por noramativas para mediciones horizontales ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	35.65	36.59	35.86	35.23	35.31
Mediana	38.10	38.30	38.20	36.90	36.47
Desviación estándar	8.09	8.11	8.21	7.84	8.12
Mínimo	19.60	20.40	17.60	19.37	17.43
Máximo	51.90	52.00	51.00	51.49	50.95
Cuenta	71.00	71.00	71.00	71.00	71.00

Se puede obtener como la diferencia entre el máximo y el mínimo el valor de 1,36 *dB*.

En cuanto a las desviaciones estándar se puede observar una reducción con la tabla anterior ya que en esta se presenta una clasificación, tomando en cuenta solo mediciones horizontales que se encuentran en un rango de 7.84 a 8.21.

Las desviaciones pueden ser comparables entre sí y se podría decir que los diferentes procedimientos son estables.

#### 4.2.2.2. Resultados totales con el parámetro $R',w$ , en mediciones horizontales menores a 25 m<sup>3</sup>

La **Tabla 26** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones horizontales, en recintos menores a 25 m<sup>3</sup> para cada normativa. En donde se recogieron un total de 12 mediciones.

Tabla 26.

Promedios totales para mediciones horizontales menores a 25m<sup>3</sup> (R',w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	32,18	32,93	32,57	31,78	32,10
Mediana	34,35	34,65	34,55	33,63	33,82
Desviación estándar	8,68	8,55	8,92	8,48	8,66
Mínimo	21,10	21,70	21,20	21,02	21,25
Máximo	47,70	47,80	47,90	47,31	47,56
Cuenta	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

Se puede incidir como el menor valor en los resultados de la **Tabla 26** con respecto a la media al resultado derivado mediante la norma vigente UNE-EN ISO 16283-1 vinculado con la propuesta realizada en la norma NWIP 167171.

En el caso del valor máximo en los resultados de la **Tabla 26** de igual manera con respecto a la media, podemos concatenar al procedimiento de medición de la norma UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la norma UNE-EN ISO 717-1.

Se puede obtener como la diferencia entre el máximo y el mínimo el valor de 1,15 dB.

La desviación estándar tiene un rango de 8.48 a 8.92, se puede considerar que es un rango pequeño y que los procedimientos de cierto modo son estables. Pese a que existe un número inferior de mediciones que para mediciones horizontales mayores a 25 metros cúbicos la desviación estándar es mayor, la cual puede ser atribuida a el comportamiento que se tiene en recintos pequeños en bajas y medias frecuencias.

#### 4.2.2.3. Resultados totales con el parámetro $R',w$ en mediciones horizontales mayores a 25 m<sup>3</sup>

La **Tabla 27** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones horizontales, en recintos mayores a 25 m<sup>3</sup> para cada normativa. En donde se recogieron un total de 59 mediciones.

Tabla 27.

Promedios totales por normativas para mediciones horizontales mayores 25m<sup>3</sup> ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	36.35	37.33	36.54	35.93	35.96
Mediana	38.60	40.20	38.90	37.76	37.78
Desviación estándar	7.86	7.88	7.97	7.59	7.92
Mínimo	19.60	20.40	17.60	19.37	17.43
Máximo	51.90	52.00	51.00	51.49	50.95
Cuenta	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00

Se puede incidir como el valor mínimo en los resultados de la **Tabla 27** con respecto a la media al resultado derivado mediante la norma vigente UNE-EN ISO 16283-1 con el procedimiento de posiciones de micrófono fijas vinculado con la propuesta realizada en la norma NWIP 167171.

En el caso del valor máximo en los resultados de la **Tabla 27** de igual manera con respecto a la media, podemos concatenar al procedimiento de medición de la norma UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la norma UNE-EN ISO 717-1.

Se puede obtener como la diferencia entre el máximo y el mínimo el valor de 1,4 *dB*.

Se puede determinar que los resultados de las mediciones de asilamiento para la normativa vigente UNE-EN ISO 16283-1 tanto el procedimiento de micrófonos fijos y micrófonos de barridos manuales mediante la propuesta de la normativa NWIP tiene resultados muy semejantes.

Las desviaciones estándar están dentro del rango pequeño de 7.59 a 7.97, se puede determinar que pese a que existen mayores mediciones para este apartado en comparación al anterior, es decir que los métodos para recintos mayores a 25 metros cúbicos son más estables.

#### 4.2.2.4. Resultados totales con el parámetro R' en mediciones verticales

En este apartado se expresara los resultados totales para mediciones verticales. La **Tabla 28** detalla los resultados totales mediante estadística descriptiva para las mediciones verticales. En donde se recogieron un total de 12 mediciones.

Tabla 28.

Promedios totales por normativas para mediciones verticales 25m<sup>3</sup> (R',w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media	55.19	55.96	54.20	54.63	53.67
Mediana	54.35	55.75	54.60	54.74	54.17
Desviación estándar	3.24	2.98	3.11	3.03	3.22
Mínimo	51.10	51.70	48.60	50.46	47.19
Máximo	60.00	61.20	60.70	59.61	60.30
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00

Se puede destacar de la **Tabla 28** que el menor valor obtenido en cuanto a la media está dada por la metodología de barridos manuales con la actual normativa vigente en conjunto con la propuesta de la norma MWIP 16717.

El mayor valor obtenido en la media en la **Tabla 28** está dada por la normativa UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la normativa UNE-EN ISO 717-1.

La diferencia entre el mayor valor de media y el menor es de 2,29 *dB*.

Las desviaciones estándar son bajas, puesto que existen menor número de mediciones para esta clasificación correspondiente a esta apartado.

Los descriptores mínimos y máximos concuerdan con el descriptor de media en la **Tabla 28**, confirmando el menor y mayor resultado de las medias para os diferentes procedimientos.

#### **4.3. Resultados de las diferencias entre normativas**

En esta sección de resultados describen las diferencias que existen entre normativas. Es decir se realizó una resta algebraica a cada una de las mediciones comparando unos con otras los valores globales de aislamiento acústico en cada una de las 83 mediciones que fueron realizadas; de esta manera podremos conocer las tendencias que tienen las normativas comparando los distintos procedimientos de cálculos de cada una.

Mediante estos resultados podemos detallar un valor el cual representa un valor medio para todas las mediciones en las que se diferencia una normativa de la otra en niveles.

Se establecieron 10 diferencias entre normativas para valores globales con el parámetro  $D_{nT,w}$  en las cuales se detallan en la **Tabla 29**.

Por otro lado de igual manera se realizó las mismas diferencias entre normativas para el valor global con el parámetro  $R',w$ , detalladas en la **Tabla 30**.

Tabla 29.  
Resultados Totales de valores de diferencias entre normativas ( $D_{nT,w}$ )

Descriptor	16283-1 - 140-4	16283-1 - 16283-1 (B.M.)	16283-1 - 16283-1 y NWIP 167171	16283-1 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 167171	140-4 - 16283-1 (B.M.)	140-4 - 16283-1 y NWIP 16717	140-4 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 16717	16283-1 (B.M.) - 16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (B.M.) - 16283-1 (B.M.) y NWIP 16717	16283-1 y NWIP 16717 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 16717
Media	0.85	0.70	0.77	1.07	1.20	1.42	1.68	1.18	0.85	0.65
Mediana	0.70	0.40	0.57	0.65	0.90	1.01	1.04	0.91	0.62	0.29
Desviación estándar	0.75	0.91	0.76	1.15	1.20	1.26	1.59	1.05	0.99	0.90
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00
Máximo	3.70	4.80	3.70	5.17	4.90	6.02	6.94	5.50	5.48	4.63
Cuenta	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00

Nota: B.M. es la abreviación de Barridos Manuales.

Tabla 30.  
Resultados Totales de valores de diferencias entre normativas (R',w)

Descriptor	16283-1 - 140-4	16283-1 - 16283-1 (B.M.)	16283-1 - 16283-1 y NWIP 167171	16283-1 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 167171	140-4 - 16283-1 (B.M.)	140-4 - 16283-1 y NWIP 16717	140-4 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 16717	16283-1 (B.M.) - 16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (B.M.) - 16283-1 (B.M.) y NWIP 16717	16283-1 y NWIP 16717 - 16283-1 (B.M.) y NWIP 167171
Media	1.13	1.01	1.08	1.36	1.30	1.58	1.80	1.18	0.85	0.65
Mediana	0.90	0.50	0.64	0.90	0.90	1.19	1.10	0.89	0.59	0.29
Desviación estándar	1.05	1.21	1.27	1.39	1.30	1.44	1.65	1.10	1.00	0.90
Mínimo	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.01	0.00
Máximo	4.20	5.10	6.60	6.31	5.00	5.94	7.03	5.54	5.61	4.63
Cuenta	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00

Nota: B.M. es la abreviación de Barridos Manuales.

Se puede establecer en la **Tabla 29** que la mayor diferencia entre resultados está determinada entre los procedimientos de las normativas UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la norma UNE-EN ISO 717-1 y el procedimiento de barridos manuales de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717.

En cuanto a la menor diferencia encontrada en la **Tabla 29** está determinada entre los procedimientos de las normativas UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717 y el procedimiento de barridos manuales de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717.

Por otro lado analizando los resultados de la **Tabla 30** la mayor diferencia entre resultados está determinada entre los procedimientos de las normativas UNE-EN ISO 140-4 en conjunto con la norma UNE-EN ISO 717-1 y el procedimiento de barridos manuales de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717.

En cuanto a la menor diferencia encontrada en la **Tabla 30** está determinada entre los procedimientos de las normativas UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717 y el procedimiento de barridos manuales de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 en conjunto con la propuesta de la norma NWIP 16717.

A continuación se muestran los resultados tanto para el parámetro  $DnT,w$  de la **Figura 49** y los resultados con el parámetro  $R',w$  en la **Figura 50**.

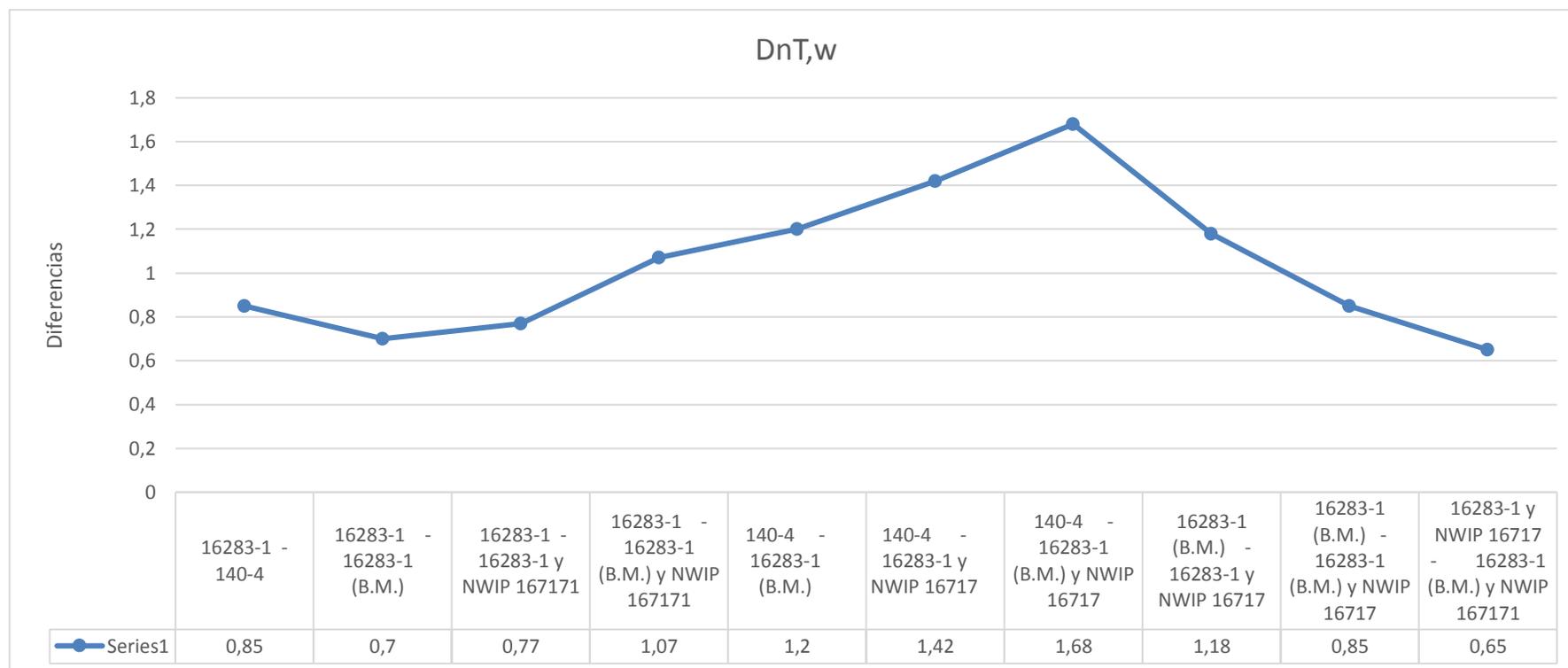


Figura 23. Resultados de las diferencias entre normativas con el parámetro DnT, w.

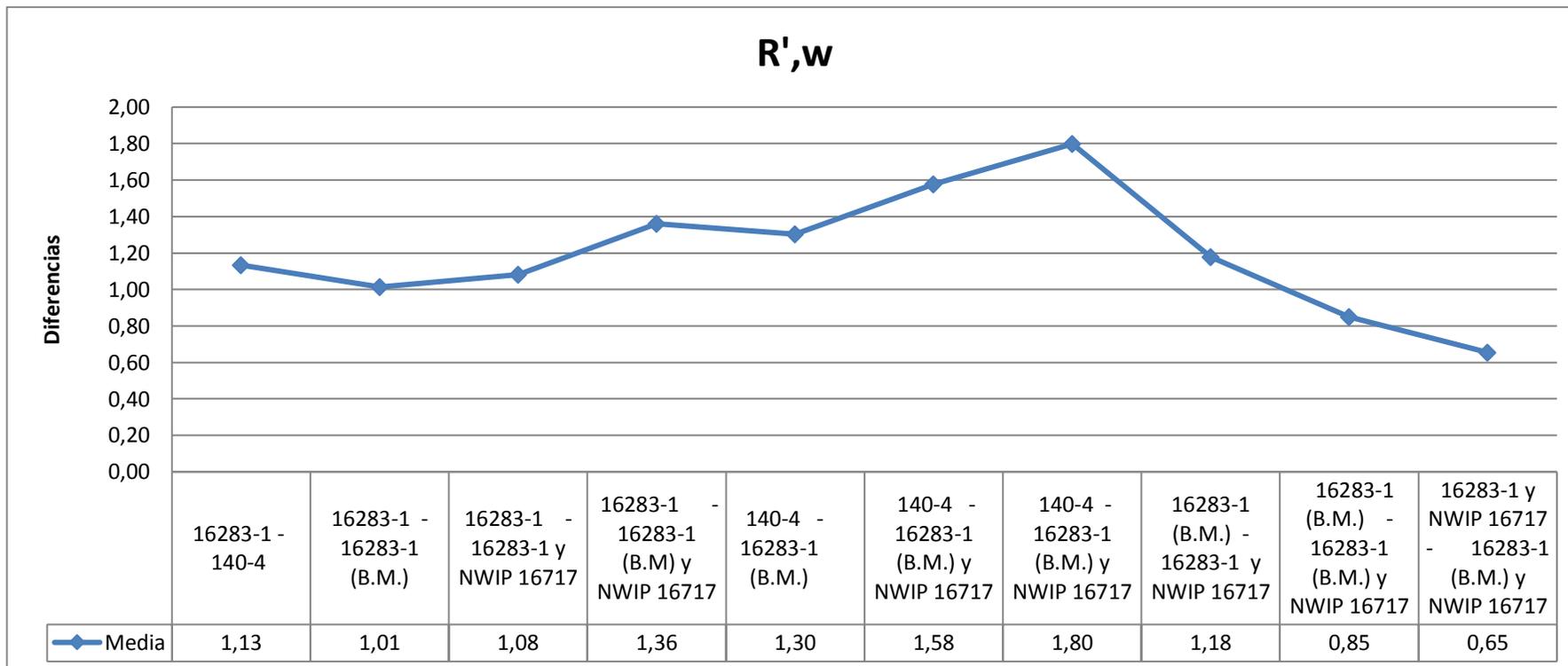


Figura 24. Resultados de las diferencias entre normativas con el parámetro R', w.

#### 4.4. Resultados totales del cálculo de incertidumbre de medida

En esta sección del proyecto se detalla mediante un análisis de estadística descriptiva los resultados totales del cálculo de la incertidumbre de medida, tanto la incertidumbre debida al equipamiento como la incertidumbre debida a la toma de muestras en la **Tabla 31**.

Tabla 31.

Promedios totales para incertidumbre en la medida

<i>Descriptor</i>	<i><math>u(D_{nt,w})</math> ISO 16283-1</i>	<i><math>U</math> ISO 16283-1</i>	<i><math>u(D_{nT,w})</math> ISO140-4</i>	<i><math>U</math> ISO 140-4</i>
Media	1.01310041	3.00613576	0.90100956	2.85691195
Mediana	0.97382337	2.94254592	0.87473716	2.81378825
Desviación estándar	0.20132452	0.31618132	0.14543397	0.19834694
Mínimo	0.8050774	2.72870992	0.70703962	2.61952139
Máximo	2.47590112	5.41967824	1.49547302	3.71521618
Cuenta	83	83	83	83

En la **Tabla 31** podemos observar los promedios totales en base a todas las mediciones que se realizaron in situ, la medida se realizó mediante los anteriores procedimientos descritos únicamente para el parámetro global de aislamiento  $D_{nT,w}$ .

La tabla se compone de la incertidumbre obtenida por las medidas y el cálculo del parámetro  $uD_{nT}$ , como también el valor de la incertidumbre expandida  $U$ , para cada normativa de comparación.

Cabe recalcar que no se introdujo al cálculo la incertidumbre por equipamiento ya que algunos parámetros son fijos e inadecuados a la entrega de resultados

ya que el único valor que variaría serían las condiciones ambientales, las cuales no tienen objeto de estudio en este proyecto.

Se puede determinar que para la normativa UNE-EN ISO 16283-1 se tiene un valor mayor de incertidumbre en comparación con la normativa UNE-EN ISO 140-4, con una diferencia lineal de 0.1221 *dB*.

Se puede determinar que para la normativa UNE-EN ISO 16283-1 se tiene un valor mayor de incertidumbre expandida en comparación con la normativa UNE-EN ISO 140-4, con una diferencia lineal de 0.1491 *dB*.

Se puede determinar que la desviación para la incertidumbre de todas las mediciones es menos estable para la normativa UN-EN ISO 16283-1, que puede ser atribuida al rango frecuencial de estudio y al tiempo de toma de la muestra.

Se puede observar que el descriptor de máximo para incertidumbre expandida según la norma UNE-EN ISO 16283-1 se obtuvo un valor grande respecto a la antigua normativa, confirmando que para este caso existe mayor incertidumbre debido a su rango frecuencia de estudio y a su tiempo de muestro.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.2. Conclusiones

Se puede concluir que se pudo comparar las normativas satisfactoriamente entre las normativas UNE-EN ISO 16283-1 e UNE-EN ISO 140-4, los métodos que fueron empleados para su comparación ha sido suficiente para obtener los valores requeridos incluyendo la incertidumbre.

Se cumplió con el número de mediciones estimado para el tamaño de la muestra representativa aleatoria, logrando obtener resultados veraces en cuanto a aislamientos acústicos con diferentes parámetros de aislamiento global.

Se logró evaluar distintas instalaciones como: departamentos y aulas de clases con diferentes elementos constructivos y distintas geometrías.

Se pudo realizar ensayos en volúmenes menores a 25 metros cúbicos aplicado la metodología específica de acuerdo a la normativa en cada caso.

Se logró de igual manera obtener un número representativo de muestras en cuando a mediciones de paredes medianeras, aplicado los distintos procedimientos de medición.

Se alcanzó realizar mediciones de tipo vertical aplicado en forjados aplicando los criterios de normativas vigentes y antecesoras.

En cuanto a los resultados totales de los valores globales de aislamiento acústico con el parámetro  $D_{nT, w}$ , se pudo obtener el resultado de una media para las edificaciones del Distrito metropolitano de Quito con distintos procedimientos tanto para muestreo como para resultados globales expresando en la **Tabla 32**.

Tabla 32.

Medias totales por normativos con el parámetro ( $D_{nT,w}$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	38.47	39.39	38.52	38.03	37.96

Se logró cuantificar una media de los resultados totales con el parámetro  $D_{nT,w}$  en mediciones horizontales expresados en la **Tabla 33**; valores los cuales detallan valores de medias para todas las paredes medianeras entre habitaciones como entre departamentos en las edificaciones del Distrito metropolitano de Quito. Lo mismo anterior.

Tabla 33.

Medias totales por normativas para mediciones horizontales ( $D_{nT,w}$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	37.06	37.88	37.20	36.53	36.60

Mediante el estudio realizado se pudo determinar una media para las mediciones horizontales con distintos procedimientos en recintos menores a 25 m<sup>3</sup>, para el parámetro  $D_{nT}$ , las cuales constan en la **Tabla 34**.

Tabla 34.

Medias totales por normativas para mediciones horizontales menores a 25m<sup>3</sup> (DnT,w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	32.10	32.63	32.46	31.68	32.00

Para mediciones horizontales mayores a 25 m<sup>3</sup>, se obtuvo medias estadísticas totales para el parámetro de aislamiento acústico  $D_{nT,w}$ , indicados en la **Tabla 35**.

Tabla 35.

Medias totales por normativas para mediciones horizontales mayores a 25m<sup>3</sup> (DnT,w)

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	38.07	38.95	38.17	37.51	37.54

El valor de promedio total global más alto se obtuvo de mediciones de aislamiento acústico de tipo vertical, en donde se obtuvo medias establecidas en la **Tabla 36** para el parámetro  $D_{nT,w}$ .

Tabla 36.

Promedios totales por normativas para mediciones verticales

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	53.92	54.63	53.19	53.62	52.66

Todos los promedios totales obtenidos en la mayoría de los casos, no cumplen con los requisitos para viviendas de países europeos; excepto para las mediciones de tipo vertical, cuyo valor de media cumple con algunos requisitos de países como en el país de Francia. La tabla de estos valores requisitos se puede encontrar en Anexos 4.

Se puede concluir que se pudo obtener medias estadísticas totales con el parámetro  $R',w$ , para todas las edificaciones sin tomar en cuenta el tipo de medición definidas en la **Tabla 37**.

Tabla 37.

Medias totales por normativas para mediciones con el parámetro ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	38.47	39.39	38.52	38.03	37.96

Se pudo lograr calcular una media para todas las mediciones horizontales sin clasificación de volumen, obteniendo valores de medias correspondientes a la **Tabla 38**.

Tabla 38.

Medias totales por normativas para mediciones horizontales ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	35.65	36.59	35.86	35.23	35.31

Se pudo lograr calcular una media para todas las mediciones en las cuales se pudo aplicar el procedimiento de baja frecuencia para recintos menores a 25 m<sup>3</sup>, obteniendo resultados descrito en la **Tabla 39** con el parámetro  $R'w$ .

Tabla 39.

Promedios totales para mediciones horizontales menores a 25m<sup>3</sup> ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	32,18	32,93	32,57	31,78	32,10

Por otro lado de igual manera se logró obtener valores de medias detalladas en la **Tabla 40**, para mediciones realizadas en recintos mayores a 25 m<sup>3</sup> con el parámetro de aislamiento global  $R'w$ .

Tabla 40.

Medias totales por normativas para mediciones horizontales mayores a 25m<sup>3</sup> ( $R',w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	36.35	37.33	36.54	35.93	35.96

Podemos concluir que las medias asignadas para aislamiento a ruido aéreo en mediciones verticales con el parámetro  $R'w$  esta descrita mediante la **Tabla 41**.

Tabla 41.

Promedios totales por normativas para mediciones verticales ( $R'w$ )

<i>Descriptor</i>	16283-1	140-4	16283-1 BARRIDOS	16283-1 y NWIP 16717	16283-1 (BARRIDOS) y NWIP 16717
Media [dB]	55.19	55.96	54.20	54.63	53.67

Podemos ultimar que para todas las mediciones indistintamente del parámetro de aislamiento acústico medido, el valor de aislamiento global para volúmenes mayores a 25 m<sup>3</sup> es mayor que el valor de aislamiento global que para recinto menores a 25 m<sup>3</sup>, debido al comportamiento en bajas frecuencias.

Los valores globales de aislamiento acústico independiente del parámetro acústico que sea calculado, en la mayoría de mediciones eran superiores con el procedimiento de medición dado por la normativa UNE-EN ISO 140-4. Es decir que la normativa UNE-EN ISO 16283-1 cumple con una parte de su objetivo el cual es el tomar en cuenta el aislamiento en el rango de frecuencias por debajo de 100 Hz.

Podemos concluir que entre las diferencias entre parámetros de aislamiento global, se tienen diferencias superiores cuando son calculadas con el parámetro  $R'w$ , debido a que este parámetro toma en cuenta áreas en metros cuadrados de la muestra.

Se puede concluir que se logro calcular las diferencias aritméticas para cada valor único de aislamiento acustico según los parámetros  $D_{nT,w}$  y  $R'_{w}$ ; detalladas en la **Tabla 29** y **Tabla 30**.

Mediante los resultados obtenidos se puede concluir que los procedimientos de barridos manuales como el procedimiento de posiciones fijas de micrófono de la normativa en vigencia UNE-EN ISO 16283-1 y sus valores globales calculados mediante la ecuación propuesta de la normativa NWIP 16717; se obtuvo un menor valor de diferencias entre ambos procedimientos, y algunas veces con resultados muy parecidos sin diferencias.

Por otro lado los procedimientos de medida y cálculo de valores globales de aislamiento acústico con la normativa UNE-EN ISO 140-4, comparando con los procedimientos técnicos para barridos manuales según La norma UNE-EN ISO 16283-1 y el cálculo de valores globales a través de la propuesta NWIP 16717, poseen las mayores diferencias entre procedimientos, logrando concluir que dichos procedimientos son muy diferentes el uno del otro para cualquier parámetro de aislamiento global que se comparó.

Las incertidumbres en la medida para el caso de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 tenemos como valores mayores a los calculados con la normativa UNE-EN ISO 140-4, puestos que el rango frecuencial en la normativa vigente UNE-EN ISO 16283-1 es más amplio y en baja frecuencias podemos presenciar desviaciones altas en la medida por debajo de los 100 Hz.

Sin duda alguna, factores como la variación como el rango frecuencial de estudio y el tiempo de toma de muestras influyen en las diferencias de los resultados. Además del número de muestras tomadas para el procedimiento de baja frecuencias.

Se puede concluir que el tiempo de muestreo afecta igualmente a cada uno de los procedimientos, debido al intervalo de integración que se expone al sonómetro.

En los casos donde los recintos de estudio hayan cumplido con la normativa derrocada UNE-EN ISO 140-4 en un rango justo a superior a 3 dB de lo requerido, se recomienda efectuar las mediciones pertinentes con la nueva normativa puesto que con los nuevos procedimientos se tiene diferencias significantes en los valores globales y en algunos casos estos no cumplan con los requisitos.

Se puede ultimar que el procedimiento de la normativa UNE-EN ISO 16283-1 tiene un resultado mayor de incertidumbre con respecto a la normativa UNE-EN ISO 140-4, debido al rango de frecuencia estudiado específico para cada norma.

Se puede concluir que para bajas frecuencias inferiores a 100 Hz, obtenemos variaciones que contribuyen a que incertidumbre sea mayor debido a la respetabilidad de las muestras y al comportamiento de dichas frecuencias en los recintos.

Sin duda alguna para bajas frecuencias existe mayores desviaciones estándar que para altas frecuencias.

Se puede concluir adicionalmente que todas las tablas de resultados al tener una desviación pareja, los procedimientos estudiados son similarmente estables.

### **5.3. Recomendaciones**

Se sugiere a realizar la comparativa mediante un método más habitual en cuanto a las restricciones literales de la normativa UNE-EN ISO 140-4, puesto que en este estudio se realizó un procedimiento el cual ayudo optimizar el tiempo de ejecución del ensayo siguiendo lineamientos de la norma 16283-1, consiguiendo así un método permitido pero más estricto de lo usual para la norma UNE-EN

ISO 140-4. Para un estudio más real, el procedimiento de la normativa UNE-EN 140-4 debería ceñirse a los puntos específicos de la norma para el procedimiento.

Se recomienda realizar un análisis estadístico a profundidad con la asesoría de un especialista o alguien familiarizado con el tema del muestreo, para poder hacer una comparación más profunda y obtener resultados más específicos.

Se sugiere hacer el mismo número de mediciones tanto para medianeras como para fachadas, para poder obtener resultados comparativos entre ellos.

Se sugiere también realizar pruebas estadísticas como la Prueba F y *T de Student* para comprobar la precisión de los métodos con las distintas normativas y la comparación de los valores medios de los conjuntos de datos, con los diferentes procedimientos de las respectivas normas estudiadas.

Se aconseja realizar las pruebas estadísticas anteriormente dichas en bandas de tercio de octava entre procedimientos en un rango de frecuencia adecuado a los procedimientos que podría ser de 50 Hz a 5000 Hz. Tanto para posiciones fijas como barridos manuales.

Puesto que no se ha tomado en cuenta los métodos descritos para micrófono de movimiento continuo mecanizado, se recomienda añadir este procedimiento para futuros estudios comparativos.

Se recomienda realizar el estudio de cálculo de incertidumbres para el parámetro  $R'_{w}$  para poder comparar entre descriptores de aislamiento acústico puesto que no se detalla en este estudio debido a cumplimientos de plazos de entrega del proyecto.

Se ha evidenciado que en las edificaciones últimamente construidas se toma en cuenta primero en la culminación de la construcción o instalación de fachada. Se

recomienda que exista una norma de construcción adecuada para que no puedan existir posteriormente problemas de orificio y mal sellamiento entre paredes y fachada.

Se invita a realizar las comparativas de las normativas ISO 16283 parte 2 aislamiento a ruido de impacto y la parte 3 de aislamiento a ruido en fachada con sus respectivas normativas antecesoras.

Se propone realizar la comparativa de las normativas, enfocadas principalmente en estudios de parámetros de repetibilidad y reproducibilidad en los métodos y procedimientos de mediciones, en los cuales se podría aplicar estudios de r & R comúnmente realizados en validación de procedimientos.

## Referencias

- AENOR. (1997). UNE-EN ISO 717-1: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo, Madrid, España:AENOR.
- AENOR. (1999). UNE-EN ISO 140-4: Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in-situ" del aislamiento a ruido aéreo entre locales, Madrid, España:AENOR.
- AENOR. (2008). UNE-EN ISO 3382-2: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios, Madrid, España:AENOR.
- AENOR. (2015). UNE-EN ISO 16283-1: Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo, Madrid, España:AENOR.
- AENOR. (2005). UNE-EN ISO 140-14: Medición del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos de construcción. Parte 14: Directrices para situaciones especiales in situ, Madrid, España:AENOR.
- Álvarez, M..(2013). Valores únicos de aislamiento acústico.- Evolución, desarrollo, expectativas y propuestas de cambio para un futuro cercano. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/4691/1/TFM-A-001.pdf>
- Cámara de Construcción de Quito y Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2013). Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Espinel, A., Martín, M., Arenaz, A.. (2014). La nueva norma UNE EN ISO 16283-1:2014 para ensayos de aislamiento acústico "in situ" a ruido aéreo. Principales cambios y novedades en la metodología de ensayo. *Tecnica Acustica*, 8. .
- Galindo, E.. (2010), ESTADÍSTICA MÉTODOS Y APLICACIONES, Quito, Ecuador: ProCiencia Editores.
- Gonzales, V.. (1887). Medición y evaluación de la incertidumbre de auditorías en el aislamiento acústico. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9982/memoria.pdf>

- INEC. (2010). Total de viviendas particulares con personas presentes por tipo de vivienda, según provincia, cantón y parroquia de empadronamiento. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de [www.inec.gob.ec/tabulados.../22\\_VIV\\_PROV\\_CANT\\_PARROQ\\_AREA\\_TIPOVIV.xls](http://www.inec.gob.ec/tabulados.../22_VIV_PROV_CANT_PARROQ_AREA_TIPOVIV.xls)
- ISO. (2009). ISO/TC 43/ SC 2: Determination and application of measurement uncertainties in building acoustic. Part 1: Sound insulation, Genève, Genève: International Organization for Standardization.
- López, A., López, E. . (2006). Estimación de la incertidumbre de medida en ensayos de aislamiento acústico en la edificación. *Tecni Acustica* , pp.1-4..
- Machinbarrena, M., Alvarez, M.. (2013). Futuro de la medida y evaluación del aislamiento acústico de edificios: Estado de la normativa en proceso de modificación. *Tecni Acustica*, pp.1-9. .
- Machinbarrena, M., Rodrigues, C., Pedersoli, S., Jhhansson, R., Smith, S.. (2014, Octubre 17). Uncertainty determination of in situ airborne sound insulation measurements. *Applied Acoustics*, 89, pp. 199-210. .
- Moser, M., Barros, J.. (2009), *Ingeniería Acústica. Teoría y aplicaciones*, Verlag, Berlin: Springer-verlag berlin heidelberg.
- Rebollo, B..(2011). Aislamiento a ruido aéreo entre locales. Estimación de la incertidumbre de medida . Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de [https://e-archivo.uc3m.es/.../PFC\\_Borja\\_Pendan\\_Rebollo.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/.../PFC_Borja_Pendan_Rebollo.pdf)
- Samir, G.. (1998), *RUIDO: FUNDAMENTOS Y CONTROL*, Florianópolis, Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina.

## **Anexos**

**ANEXO 1**  
**HOJA DE CAMPO**

HOJA DE DATOS AISLAMIENTO RUIDO AEREO

FECHA: 21/04/2016

MEDICION #: 59

DIRECCION:

HORA: 11:15

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE LA CONSTRUCCION:

Entre habitacvante 3<sup>er</sup> piso sala - comedor

FACTORES DEL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE	INICIAL	FINAL
Variaciones de temperatura:	18,7	19,5
Variaciones de humedad relativa:	68,7%	65,2%

DETALLES SOBRE EL EQUIPO DE MEDICION (TIPO DE SONOMETRO):

CESVA  NTI

Verificación de Calibración del sonómetro

Calibración Inicial:	94	Calibración Final:	94,1
----------------------	----	--------------------	------

Tipo de ruido (rosa): -5

RECINTO EMISOR UNE-EN-ISO 16283-1

Posiciones de micrófono fijas

	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #	000	002	004	006	008
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #	33	35	37	39	41

RECINTO EMISOR UNE-EN-ISO 140-4

Posiciones de micrófono fijas

	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #	001	003	005	007	009
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #	34	36	38	40	42

Barrido Manual

	P1	P2
Registro #	010	43

Procedimiento Baja Frecuencia

	Esquinas Superiores		Esquinas inferiores	
	Esquina1	Esquina2	Esquina3	Esquina4
1 Registro#	66	67	68	69
2 Registro#	130	131	132	133

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 16283-1

Posiciones de micrófono fijas

	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #	71	75	79	83	87
Ruido de fondo	70	74	78	82	86
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #	101	105	109	113	117
Ruido de fondo	100	104	108	112	116

Medición del tiempo de reverberación

Impulsiva :	Ruido interrumpido:		
	P1	P2	P3
Medición 1:	134	136	138
Medición 2:	135	137	139

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 140-4

Posiciones de micrófono fijas

	P1	P2	P3	P4	P5
Registro #	72	76	80	84	88
Ruido de fondo	73	77	81	85	89
	P6	P7	P8	P9	P10
Registro #	102	106	110	114	118
Ruido de fondo	103	107	111	115	119

Barrido Manual

	P1	P2
Registro #	91	120
Ruido de fondo	90	120

Procedimiento Baja Frecuencia				
	Esquinas Superiores		Esquinas inferiores	
	Esquina1	Esquina2	Esquina3	Esquina4
1Registro#	93	95	97	99
Ruido de fondo	92	94	96	98
2Registro#	123	125	127	129
Ruido de fondo	122	124	126	128

Inferior
Super

Área común de partición [m <sup>2</sup> ]:	6,72	Ancho [m]:	0,15
Material constructivo:	Bloque pintada		
Tipo de pared:	Simple		

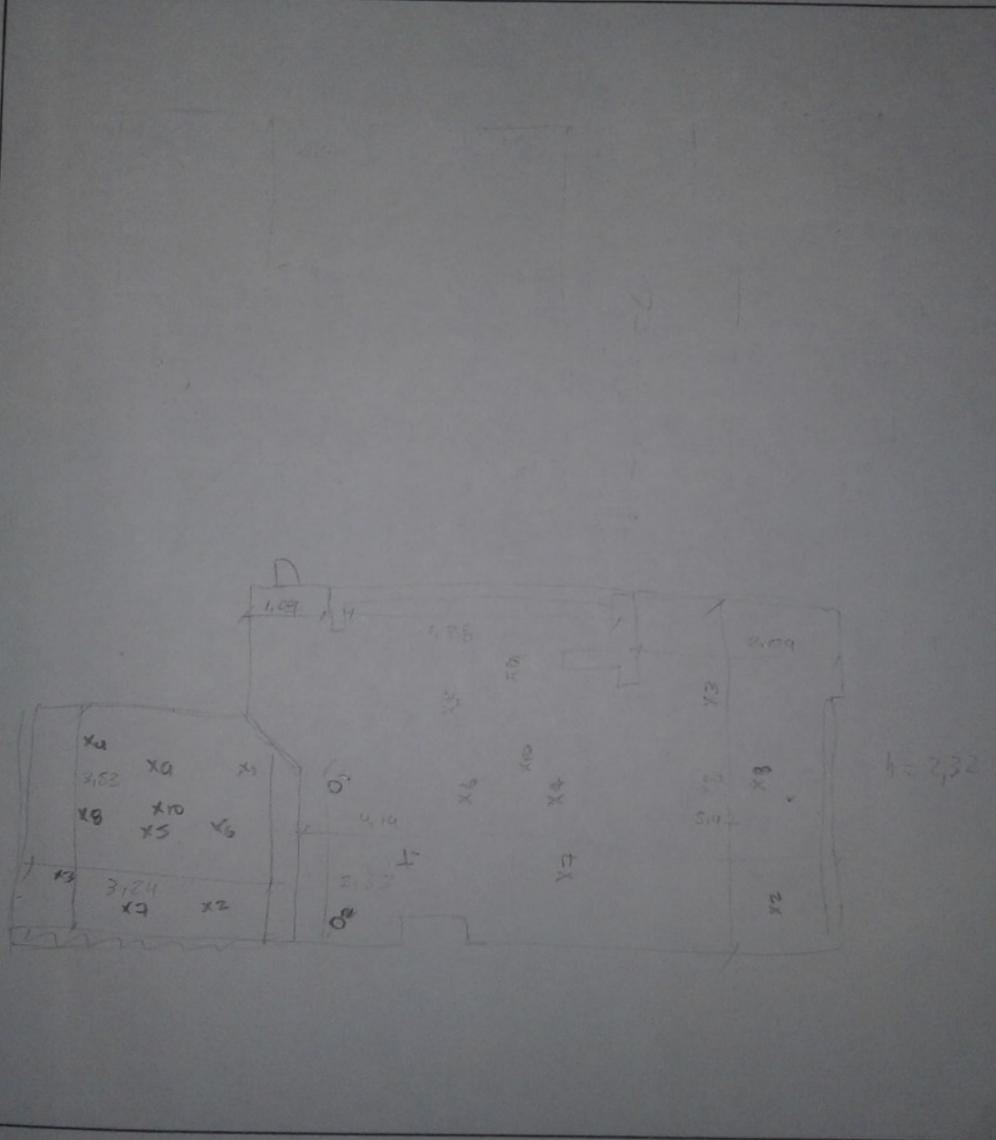
Características de los recintos y observaciones:  
 Forma del recinto irregular, tanto para el recinto emisor y receptor.

Materiales de construcción Recinto EMISOR		
Piso	Techo	Paredes
Piso flotante de madera	Bloque y hormigón armado	Bloque enlucido y pintado.
		Bloque enlucido y pintado.
		Bloque enlucido y pintado.
		Bloque enlucido y pintado. Ventana de vidrio.

Materiales de construcción Recinto RECEPTOR		
Piso	Techo	Paredes
Piso flotante de madera	Bloque y hormigón armado	Bloque enlucido y pintado
		Bloque enlucido y pintado.
		Bloque enlucido y pintado.
		Bloque enlucido y pintado. Ventana de vidrio.

	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Recinto Emisor:			2,32	58,28
Recinto Receptor:			2,32	25,86

Boceto de los recintos



1 POSICION DE FUENTE			2 POSICION DE FUENTE		
X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]
2,4	0,5	1,43	0,83	1	1,4

RECINTO EMISOR			RECINTO RECEPTOR		
X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]
P1			P1		
0,88	0,51	1,23	2,34	0,66	1,25
P2			P2		
0,81	3,4	1,33	0,08	0,9	1,31
P3			P3		
2,01	2,04	1,39	0,48	1,96	1,36
P4			P4		
3,82	3,65	1,46	2,65	2,75	1,42
P5			P5		
1,64	1,9	1,52	1,89	1,33	1,50
P6			P6		
2,53	1,23	1,23	1,55	0,65	1,25
P7			P7		
2,45	1,97	1,31	0,63	1,35	1,33
P8			P8		
2,68	3,17	1,38	0,57	2,12	1,39
P9			P9		
1,97	4,24	1,45	2,75	2,06	1,44
P10			P10		
1,98	1,99	1,86	1,83	1,39	1,55

BARRIDOS RECINTO EMISOR			BARRIDOS RECINTO RECEPTOR		
X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]
S1			S1		
1,9	1,5		1,51	1,72	
S2			S2		
1,98	1,99		1,51	1,72	

TIEMPO DE REVERBERACION			POSICION FUENTE	
X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]
T1			1,5	1,7
0,74	0,8	1,27	Z [m]	1,5
T2				
1,14	2,15	1,26		
T3				
0,91	0,97	1,24		

**ANEXO 2**  
**EJEMPLO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE MEDICIÓN**

		<b>TIPO DE MEDICIÓN</b>	
<b>Fecha:</b>	21/04/2016	<b>Vertical</b>	
<b>Hora:</b>	11:15:00 PM	<b>Horizontal</b>	<b>x</b>
<b>Dirección:</b>	EDIFICIO ELOY ALFARO		
<b>DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN:</b>			
Tercer piso. Recinto emisor departamento 300 SALA, recinto receptor departamento 300 DORMITORIO.			

<b>FACTORES DEL CALCULO DE INCERTIDUMBRE</b>		
	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
<b>Variaciones de Temperatura [°C]:</b>	18.7	19.5
<b>Variaciones de Humedad relativa [%RH]:</b>	68.7	65.2

<b>VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL SONÓMETRO</b>		
<b>Calibración Inicial [dB]:</b>	94	
<b>Calibración Final [dB]:</b>	94.1	

<b>VOLUMENES Y AREA DE LA MUESTRA</b>	
<b>Volumen recinto emisor:</b>	58.280
<b>Volumen recinto receptor:</b>	25.360
<b>Área de la muestra:</b>	6.720
<b>V/7.5=</b>	3.381333
<b>S=</b>	6.720

RECINTO EMISOR		Hz																					
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
1	101#T238856_2000-01-31_18-48-50_000_RTA	90.50	84.80	83.10	82.40	98.80	103.80	99.80	95.80	96.40	93.60	88.10	92.10	90.20	90.40	89.90	90.30	89.70	88.50	86.80	85.50	87.30	
2	201#T238856_2000-01-31_18-49-40_002_RTA	74.90	86.60	93.20	94.90	86.70	95.40	94.10	93.10	92.60	90.40	89.20	90.70	89.00	89.70	88.30	90.50	90.00	87.00	86.00	84.20	86.20	
3	301#T238856_2000-01-31_18-52-40_004_RTA	87.20	87.40	95.60	93.10	93.90	100.10	96.80	96.90	94.80	92.80	90.60	90.30	90.80	90.80	89.50	91.80	90.70	89.00	87.00	86.00	88.50	
4	401#T238856_2000-01-31_18-53-21_006_RTA	77.40	85.70	89.20	91.60	89.00	93.30	93.00	94.80	92.90	91.20	87.40	88.80	89.40	91.00	89.70	90.00	89.20	87.10	85.80	84.50	86.90	
5	501#T238856_2000-01-31_18-56-24_008_RTA	78.20	86.20	91.30	96.60	93.80	98.30	95.70	96.90	96.00	94.50	91.20	91.70	91.80	91.00	90.10	91.20	91.00	88.90	86.50	85.30	88.40	
6	601#T238856_2000-01-31_19-37-16_033_RTA	92.60	85.60	86.60	92.60	95.70	104.00	100.50	98.80	100.30	93.50	91.70	93.70	92.70	92.50	90.70	92.80	93.00	90.80	89.40	87.60	90.10	
7	701#T238856_2000-01-31_19-37-54_035_RTA	89.70	84.10	90.20	91.90	98.40	101.00	96.10	98.70	95.60	95.00	92.20	93.50	92.90	92.50	91.60	93.80	93.10	90.30	89.80	87.80	90.50	
8	801#T238856_2000-01-31_19-41-18_037_RTA	75.70	82.50	89.80	94.80	101.30	102.10	98.50	101.40	96.20	95.30	91.00	93.90	92.70	92.50	91.70	93.30	93.00	90.00	88.60	88.10	90.40	
9	901#T238856_2000-01-31_19-42-08_039_RTA	64.60	74.80	92.20	96.10	101.10	101.30	97.70	98.10	96.60	94.40	91.30	91.80	91.90	91.70	91.30	92.90	92.00	90.40	88.90	87.50	89.50	
10	1001#T238856_2000-01-31_19-45-41_041_RTA	83.30	81.40	93.20	94.30	102.00	98.20	101.30	100.80	100.40	97.20	94.10	94.90	94.00	93.20	90.90	93.60	92.60	90.90	88.30	89.00	90.70	
L		86.82	84.86	91.56	93.89	98.23	100.81	98.09	98.19	96.92	94.19	91.08	92.49	91.81	91.66	90.48	92.23	91.65	89.49	88.15	86.72	89.11	
L	L Baja Frecuencia	97.24	94.83	103.41																			

RECINTO RECEPTOR		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	101#T238856_2000-01-31_20-24-26_071_RTA	67.70	64.00	68.40	71.10	79.60	84.90	81.10	85.00	79.90	74.40	69.70	73.00	74.40	74.70	72.50	75.00	74.90	75.60	73.80	70.10	70.00
2	201#T238856_2000-01-31_20-26-47_075_RTA	71.40	60.80	71.40	71.00	74.10	85.10	77.70	83.10	77.50	71.90	70.30	72.00	74.00	74.00	73.30	74.60	74.50	74.70	73.20	69.40	69.70
3	301#T238856_2000-01-31_20-29-02_079_RTA	68.80	62.30	71.70	72.60	81.70	86.40	80.10	81.50	77.70	73.40	72.50	73.30	74.20	73.30	72.60	75.20	75.20	75.30	74.20	70.30	70.40
4	401#T238856_2000-01-31_20-31-33_083_RTA	70.50	58.50	73.50	74.50	86.80	85.50	80.40	81.40	79.40	76.40	70.80	73.90	74.20	74.40	72.50	75.30	74.70	75.10	73.80	70.50	70.30
5	501#T238856_2000-01-31_20-33-51_087_RTA	50.00	54.70	73.60	75.60	86.50	82.20	80.60	82.60	78.90	75.00	71.00	73.10	73.50	74.00	73.10	75.40	74.70	75.40	73.90	69.90	70.10
6	601#T238856_2000-01-31_20-50-38_101_RTA	64.00	60.70	74.10	76.20	72.70	79.20	83.30	79.20	77.50	73.60	68.10	72.20	73.10	73.70	72.80	74.60	74.80	75.00	74.00	70.20	70.10
7	701#T238856_2000-01-31_20-53-11_105_RTA	67.70	55.70	76.40	74.20	74.80	80.80	81.90	78.60	78.40	75.20	68.90	71.90	72.40	72.90	72.70	75.50	74.70	75.20	73.80	70.50	70.60
8	801#T238856_2000-01-31_20-56-35_109_RTA	65.00	58.20	74.30	72.00	76.80	85.00	82.60	80.00	76.20	76.30	68.90	71.90	73.30	73.30	72.80	74.80	74.80	75.20	73.90	70.60	70.60
9	901#T238856_2000-01-31_20-58-58_113_RTA	68.40	56.60	73.60	78.50	80.70	82.60	81.40	80.00	80.10	75.10	70.60	73.00	73.20	74.30	72.90	75.30	75.10	75.30	74.10	70.90	70.70
10	1001#T238856_2000-01-31_21-01-16_117_RTA	51.30	50.30	75.30	82.00	83.80	83.50	83.80	78.40	80.30	74.50	71.70	73.90	73.70	73.80	73.00	75.50	75.10	75.50	74.30	70.20	70.30
L		67.58	59.63	73.69	76.25	82.16	84.01	81.59	81.48	78.77	74.76	70.44	72.88	73.64	73.87	72.83	75.13	74.86	75.24	73.91	70.28	70.29

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	Nombre	67.70	64.00	68.40	71.10	79.60	84.90	81.10	85.00	79.90	74.40	69.70	73.00	74.40	74.70	72.50	75.00	74.90	75.60	73.80	70.10	70.00
2		71.40	60.80	71.40	71.00	74.10	85.10	77.70	83.10	77.50	71.90	70.30	72.00	74.00	74.00	73.30	74.60	74.50	74.70	73.20	69.40	69.70
3		68.80	62.30	71.70	72.60	81.70	86.40	80.10	81.50	77.70	73.40	72.50	73.30	74.20	73.30	72.60	75.20	75.20	75.30	74.20	70.30	70.40
4		70.50	57.94	73.50	74.50	86.80	85.50	80.40	81.40	79.40	76.40	70.80	73.90	74.20	74.40	72.50	75.30	74.70	75.10	73.80	70.50	70.30
5		50.00	54.70	73.60	75.60	86.50	82.20	80.60	82.60	78.90	75.00	71.00	73.10	73.50	74.00	73.10	75.40	74.70	75.40	73.90	69.90	70.10
6		64.00	60.70	74.10	76.20	72.70	79.20	83.30	79.20	77.50	73.60	68.10	72.20	73.10	73.70	72.80	74.60	74.80	75.00	74.00	70.20	70.10
7		67.70	55.70	76.40	74.20	74.80	80.80	81.90	78.60	78.40	75.20	68.90	71.90	72.40	72.90	72.70	75.50	74.70	75.20	73.80	70.50	70.60
8		65.00	58.20	74.30	72.00	76.80	85.00	82.60	80.00	76.20	76.30	68.90	71.90	73.30	73.30	72.80	74.80	74.80	75.20	73.90	70.60	70.60
9		68.40	56.60	73.60	78.50	80.70	82.60	81.40	80.00	80.10	75.10	70.60	73.00	73.20	74.30	72.90	75.30	75.10	75.30	74.10	70.90	70.70
10		51.30	50.30	75.30	82.00	83.80	83.50	83.80	78.40	80.30	74.50	71.70	73.00	73.70	73.80	73.00	75.50	75.10	75.50	74.30	70.20	70.30
L		67.58	59.59	73.69	76.25	82.16	84.01	81.59	81.48	78.77	74.76	70.44	72.88	73.64	73.87	72.83	75.13	74.86	75.24	73.91	70.28	70.29
	L Baja Frecuencia	73.59	66.15	83.77																		

RUIDO DE FONDO		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	Nombre	38.20	45.40	40.00	42.90	39.00	43.30	44.70	38.90	38.30	37.90	36.50	38.80	40.60	40.90	39.80	35.80	29.90	25.90	23.50	23.90	20.30
2		47.90	39.90	39.10	37.10	31.80	42.60	42.40	40.40	36.10	35.40	37.90	39.80	42.30	43.30	40.60	36.10	31.30	26.10	23.90	26.00	22.10
3		34.20	41.00	43.40	33.40	36.70	43.90	39.90	34.70	33.80	29.50	30.00	31.70	32.40	34.30	34.00	29.40	23.70	19.20	16.60	17.80	14.70
4		49.70	49.30	51.00	46.50	44.30	49.60	45.60	41.10	43.20	39.50	39.90	41.60	42.70	44.40	46.40	45.20	34.60	31.70	28.50	29.00	23.90
5		30.80	42.40	39.70	49.00	50.20	44.20	43.20	39.40	42.20	38.00	38.10	37.30	39.70	43.40	44.60	40.80	34.40	29.60	28.40	31.00	24.00
6		34.40	39.90	42.40	53.60	47.60	48.00	47.60	44.00	48.60	42.20	40.90	38.90	39.70	37.60	35.20	30.50	26.20	22.60	20.30	21.90	17.70
7		44.90	41.90	33.70	41.70	37.80	44.60	38.10	36.30	35.30	33.10	33.70	33.40	36.30	37.20	35.20	30.10	25.10	20.70	18.30	19.40	16.40
8		37.50	38.40	41.60	50.30	45.00	40.70	42.20	39.50	37.20	37.70	37.10	38.80	40.80	41.90	41.20	37.70	32.50	27.80	25.10	25.60	22.00
9		37.90	32.00	30.60	37.80	36.40	37.20	32.50	32.70	30.00	29.00	30.80	32.10	33.00	34.00	33.50	30.10	25.20	21.80	19.70	20.20	17.60
10		31.40	36.00	50.20	46.80	45.40	47.90	45.90	42.60	41.70	38.80	40.10	42.50	42.60	44.10	42.90	38.70	33.60	29.50	26.00	27.30	23.80
L		43.27	42.95	44.99	47.45	44.47	45.47	43.71	40.07	41.69	37.68	37.71	38.77	40.17	41.48	41.39	38.47	31.25	27.17	24.63	26.02	21.32

T20	Hz																					
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
1#T238856_2000-01-31_22-31-37_134_RT	0.67	0.75	1.94	1.36	1.66	2.78	2.45	3.03	1.75	1.64	1.57	1.90	2.06	2.53	2.47	2.30	1.85	1.66	1.53	1.38	1.29	
2#T238856_2000-01-31_22-33-45_135_RT	0.54	1.71	1.39	0.58	1.68	2.87	1.55	3.22	2.10	1.07	1.35	2.14	2.77	2.09	2.10	2.13	1.92	1.70	1.37	1.32	1.22	
3#T238856_2000-01-31_22-35-43_136_RT	0.53	2.46	1.53	1.67	2.75	3.15	4.61	3.06	2.60	1.12	1.11	1.54	1.44	2.23	2.21	1.74	1.94	1.73	1.52	1.28	1.24	
4#T238856_2000-01-31_22-36-58_137_RT	0.61	0.60	1.07	0.58	1.88	2.66	2.17	0.83	1.59	1.38	0.94	1.34	2.19	2.63	2.47	2.33	1.99	1.82	1.44	1.33	1.17	
5#T238856_2000-01-31_22-39-12_138_RT	0.79	0.72	0.94	1.45	1.77	2.29	3.46	3.32	2.33	1.41	1.20	2.09	1.71	2.06	2.24	1.99	1.86	1.74	1.55	1.33	1.30	
6#T238856_2000-01-31_22-40-20_139_RT	1.45	0.77	1.46	1.30	1.32	2.21	3.82	3.79	1.61	2.80	1.24	1.70	1.38	1.83	2.61	2.02	1.78	1.73	1.55	1.34	1.28	
T	0.77	1.17	1.39	1.16	1.84	2.66	3.01	2.88	2.00	1.57	1.24	1.79	1.93	2.23	2.35	2.09	1.89	1.73	1.49	1.33	1.25	

RECINTO EMISOR	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1 101#T238856_2000-01-31_18-56-59_010_RTA	81.20	87.40	90.30	94.90	94.20	101.10	96.10	94.50	95.10	92.70	89.80	90.90	90.40	90.30	89.30	90.70	90.30	88.50	87.00	85.60	87.50
2 101#T238856_2000-01-31_19-46-18_043_RTA	86.00	84.00	92.90	94.20	101.20	101.40	98.10	99.50	98.70	95.60	92.70	93.70	93.20	92.60	91.50	93.30	93.00	91.10	89.70	88.70	90.60
L	84.23	86.02	91.79	94.56	98.98	101.25	97.21	97.68	97.26	94.39	91.49	92.52	92.02	91.60	90.54	92.19	91.86	89.99	88.56	87.42	89.32

RECINTO RECEPTOR	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Nombre	50	63	80	100	125 <td>160</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>315</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>630</td> <td>800</td> <td>1k</td> <td>1,25k</td> <td>1,6k</td> <td>2k</td> <td>2,5k</td> <td>3,15k</td> <td>4k</td> <td>5k</td>	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1 101#T238856_2000-01-31_20-36-11_091_RTA	64.30	58.30	72.10	73.40	85.10	85.40	81.20	81.40	78.00	73.60	70.10	72.40	74.00	73.90	72.60	74.90	74.90	75.00	74.00	70.30	70.00
2 101#T238856_2000-01-31_21-03-38_121_RTA	65.50	58.60	74.30	78.50	80.10	84.50	84.90	78.30	78.90	75.40	69.50	72.50	73.40	73.80	72.70	74.90	75.00	75.20	74.30	70.70	70.40
L	64.94	58.45	73.34	76.66	83.28	84.97	83.43	80.12	78.47	74.59	69.81	72.45	73.71	73.85	72.65	74.90	74.95	75.10	74.15	70.50	70.20

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	64.28	58.26	72.10	73.39	85.10	85.40	81.20	81.40	78.00	73.60	70.10	72.40	74.00	73.90	72.60	74.90	74.90	75.00	74.00	70.30	70.00
2	65.49	58.57	74.30	78.50	80.10	84.50	84.90	78.30	78.90	75.40	69.50	72.50	73.40	73.80	72.70	74.90	75.00	75.20	74.30	70.70	70.40
L	64.93	58.42	73.34	76.66	83.28	84.97	83.43	80.12	78.47	74.59	69.81	72.45	73.71	73.85	72.65	74.90	74.95	75.10	74.15	70.50	70.20

RUIDO DE FONDO	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1 101#T238856_2000-01-31_20-34-49_090_RTA	40.00	38.10	39.10	45.30	42.40	42.50	42.60	39.70	38.30	36.90	39.20	40.90	40.70	40.90	39.60	36.10	31.40	26.90	23.70	23.80	19.60
2 101#T238856_2000-01-31_21-02-16_120_RTA	40.70	36.50	36.50	39.00	39.50	39.50	38.70	35.60	35.40	33.70	34.20	36.50	38.20	39.40	38.20	33.50	28.40	24.70	21.50	22.10	19.00
L	40.36	37.37	37.99	43.20	41.19	41.25	41.07	38.12	37.09	35.59	37.38	39.23	39.63	40.21	38.96	34.99	30.15	25.94	22.74	23.03	19.31

**PROCEDIMIENTO BAJA FRECUENCIA**

RECINTO EMISOR		Hz			
Es	Nombre	50	63	80	
1	01#T238856_2000-01-31_20-16-31_066_RTA	85.20	83.20	97.30	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_20-17-11_067_RTA	98.20	94.20	103.40	
3	01#T238856_2000-01-31_20-18-01_068_RTA	99.60	99.10	103.50	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_20-18-33_069_RTA	86.20	83.00	96.70	
1	01#T238856_2000-01-31_21-13-02_130_RTA	97.90	94.20	104.20	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_21-13-30_131_RTA	85.60	84.90	99.30	
3	01#T238856_2000-01-31_21-14-01_132_RTA	98.00	93.90	104.90	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_21-14-29_133_RTA	87.20	86.60	97.70	
	<b>L</b>	<b>101.74</b>	<b>99.30</b>	<b>107.99</b>	

RECINTO EMISOR		Hz			
	Nombre	50	63	80	
1	01#T238856_2000-01-31_20-43-14_097_RTA	71.10	64.00	74.30	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_20-44-52_099_RTA	73.40	63.20	79.70	
3	01#T238856_2000-01-31_20-40-11_093_RTA	68.20	64.00	78.20	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_20-41-27_095_RTA	69.90	63.30	78.80	
1	01#T238856_2000-01-31_21-09-44_127_RTA	71.10	66.30	84.00	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_21-10-43_129_RTA	73.40	61.00	84.80	
3	01#T238856_2000-01-31_21-07-14_123_RTA	68.50	66.50	82.40	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_21-08-30_125_RTA	73.30	62.70	85.40	
	<b>L</b>	<b>77.57</b>	<b>70.23</b>	<b>88.25</b>	

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO		Hz			
	Nombre	50	63	80	
1		71.10	64.00	74.30	Esquinas Superiores
2		73.40	63.20	79.70	
3		68.20	64.00	78.20	Esquinas Inferiores
4		69.90	63.30	78.80	
1		71.10	66.30	84.00	Esquinas Superiores
2		73.40	61.00	84.80	
3		68.50	66.50	82.40	Esquinas Inferiores
4		73.30	62.70	85.40	
	<b>L</b>	<b>77.57</b>	<b>70.23</b>	<b>88.25</b>	

RUIDO DE FONDO		Hz			
Es	Nombre	50	63	80	
1	01#T238856_2000-01-31_20-42-21_096_RTA	44.70	45.80	44.50	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_20-44-18_098_RTA	40.70	40.10	55.10	
3	01#T238856_2000-01-31_20-39-13_092_RTA	41.60	43.20	40.90	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_20-40-49_094_RTA	42.80	39.10	39.30	
1	01#T238856_2000-01-31_21-09-07_126_RTA	46.00	45.60	61.50	Esquinas Superiores
2	01#T238856_2000-01-31_21-10-09_128_RTA	49.80	46.80	51.60	
3	01#T238856_2000-01-31_21-06-11_122_RTA	43.80	44.30	46.10	Esquinas Inferiores
4	01#T238856_2000-01-31_21-07-58_124_RTA	48.40	49.00	57.80	
	<b>L</b>	<b>51.81</b>	<b>51.27</b>	<b>61.09</b>	

RECINTO EMISOR		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	101#T238856_2000-01-31_18-49-10_001_RTA	89.7	84.5	83.7	82	97.3	102	98.7	96	95.6	93.2	88.2	92.1	90	90.2	89.4	90	89.7	88.9	86.7	85.4	87.3
2	101#T238856_2000-01-31_18-50-07_003_RTA	74.8	86.9	92.5	95.5	87.9	95.1	92.5	93.4	93	90.1	88.7	90.6	89	89.3	88.3	90.6	90.3	87.4	86	84.5	86.3
3	101#T238856_2000-01-31_18-53-00_005_RTA	87.9	88.3	93.3	92.8	94.3	99.6	96	96.5	94.1	92.2	90.5	90.1	91	91	89.2	91.6	90.9	89.3	87	86.1	88.3
4	101#T238856_2000-01-31_18-53-40_007_RTA	76.5	85.6	88.4	92.5	90	93.1	93.3	95	93.5	91.2	87.2	88.7	89.5	90.7	89.6	90.1	89.5	87.2	86.1	84.5	86.8
5	101#T238856_2000-01-31_18-56-46_009_RTA	77.3	84.9	91.8	96.4	92.9	97.2	95.1	95.6	96	94.3	90.8	91.4	91.6	90.8	89.9	91	90.8	88.6	86	85.2	88.4
6	101#T238856_2000-01-31_19-37-37_034_RTA	91.7	84.6	86.3	92.1	93.7	103	99.9	98.9	100	92.9	92	93.5	92.7	92.4	91	92.5	93	91.1	89.5	87.7	90
7	101#T238856_2000-01-31_19-38-14_036_RTA	89.3	83.5	90.1	92.2	98.5	101	95.8	98.7	95.5	94.8	92.1	93.9	92.9	92.7	91.5	94	92.9	90.4	89.7	87.7	90.5
8	101#T238856_2000-01-31_19-41-38_038_RTA	74.7	82.9	89.2	95.2	100	103	97.5	101	95.4	94.5	91.1	94.1	92.3	92.3	91.5	93	92.8	89.8	88.4	88.1	90.3
9	101#T238856_2000-01-31_19-42-32_040_RTA	64.2	74.5	91.7	95.3	102	102	97	98.1	96.6	94.9	91.6	92.4	91.9	91.5	91.6	92.9	92.2	90.5	89.1	87.6	89.5
10	101#T238856_2000-01-31_19-46-01_042_RTA	82.9	81.5	92.1	94.2	100	98	101	101	100	96.9	93.8	94.5	93.7	93	90.7	93.3	92.4	90.6	89.8	88.2	90.7
L		86.27	84.77	90.7	93.9	97.7	100	97.3	98	96.7	93.9	91	92.5	91.7	91.5	90.4	92.1	91.6	89.6	88.1	86.7	89.1

RECINTO RECEPTOR		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	101#T238856_2000-01-31_20-24-48_072_RTA	67.4	63.4	68	71.4	80.5	84.1	80.4	85.5	80	74.8	69.3	72.9	74.3	74.7	72.4	74.6	74.9	75.7	73.9	70.5	69.8
2	101#T238856_2000-01-31_20-27-08_076_RTA	70.6	59.7	71.9	70.9	74.7	87.3	77.4	83.8	77.5	71.6	70.1	71.7	73.4	73.9	73.3	74.4	74.5	74.6	73.5	69.6	69.8
3	101#T238856_2000-01-31_20-29-22_080_RTA	67.1	61.3	70.5	72.4	81.5	86.8	79.3	79.6	76.7	73	71.3	72.6	73.9	73.1	72.2	74.9	74.8	75	74.1	70.1	70.4
4	101#T238856_2000-01-31_20-31-54_084_RTA	69.6	59.3	73.5	74.8	86.5	84.1	79.2	81.6	79.5	75.4	70.8	74.2	74.2	74.4	72.2	75.3	74.9	75.1	73.9	70.5	70.5
5	101#T238856_2000-01-31_20-34-11_088_RTA	47.9	52.7	71.6	76.5	85.8	84.1	80.5	81.8	79	74.4	70.6	73.4	73.4	73.9	72.7	75.2	74.8	75.5	73.6	70	70.2
6	101#T238856_2000-01-31_20-50-59_102_RTA	63	61.2	72.4	76.2	73	78.3	81.4	79.7	77.3	74	67.6	71.8	72.9	73.6	72.9	74.7	74.7	75	74	70.5	70.1
7	101#T238856_2000-01-31_20-54-13_106_RTA	67.9	57.6	76.3	74.8	75.6	80.3	83.4	78.1	78.4	75.3	69.2	71.8	72.4	72.9	72.2	75.5	75	75.4	73.8	70.8	70.6
8	101#T238856_2000-01-31_20-56-56_110_RTA	64.2	58.3	75.6	73.4	76.9	87.3	82	78.4	75.6	75.8	68.8	71.6	72.7	73.3	72.6	74.7	74.4	75.1	74	70.4	70.5
9	101#T238856_2000-01-31_20-59-18_114_RTA	68.4	57.3	73.4	77.9	80.2	83	81.9	80	79.6	74.8	70.7	72.2	73.2	73.8	72.7	74.9	75.1	75.4	74	70.7	70.7
10	101#T238856_2000-01-31_21-01-36_118_RTA	52	50.8	75.4	81.8	84.3	80.8	84.2	79.1	81.3	74.4	71.6	73.3	73.3	73.6	72.8	75.5	75.1	75.4	74.1	70.2	70.3
L		66.92	59.41	73.5	76.3	82	84.5	81.4	81.4	78.8	74.5	70.2	72.6	73.4	73.8	72.6	75	74.8	75.2	73.9	70.3	70.3

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	Nombre	67.4	63.4	68	71.4	80.5	84.1	80.4	85.5	80	74.8	69.3	72.9	74.3	74.7	72.4	74.6	74.9	75.7	73.9	70.5	69.8
2		70.6	59.7	71.9	70.9	74.7	87.3	77.4	83.8	77.5	71.6	70.1	71.7	73.4	73.9	73.3	74.4	74.5	74.6	73.5	69.6	69.8
3		67.1	61.3	70.5	72.4	81.5	86.8	79.3	79.6	76.7	73	71.3	72.6	73.9	73.1	72.2	74.9	74.8	75	74.1	70.1	70.4
4		69.6	59.3	73.5	74.8	86.5	84.1	79.2	81.6	79.5	75.4	70.8	74.2	74.2	74.4	72.2	75.3	74.9	75.1	73.9	70.5	70.5
5		47.9	52.7	71.6	76.5	85.8	84.1	80.5	81.8	79	74.4	70.6	73.4	73.4	73.9	72.7	75.2	74.8	75.5	73.6	70	70.2
6		63	61.2	72.4	76.2	73	78.3	81.4	79.7	77.3	74	67.6	71.8	72.9	73.6	72.9	74.7	74.7	75	74	70.5	70.1
7		67.9	57.6	76.3	74.8	75.6	80.3	83.4	78.1	78.4	75.3	69.2	71.8	72.4	72.9	72.2	75.5	75	75.4	73.8	70.8	70.6
8		64.2	58.3	75.6	73.4	76.9	87.3	82	78.4	75.6	75.8	68.8	71.6	72.7	73.3	72.6	74.7	74.4	75.1	74	70.4	70.5
9		68.4	57.3	73.4	77.9	80.2	83	81.9	80	79.6	74.8	70.7	72.2	73.2	73.8	72.7	74.9	75.1	75.4	74	70.7	70.7
10		52	49.99	75.4	81.8	84.3	80.8	84.2	79.1	81.3	74.4	71.6	73.3	73.3	73.6	72.8	75.5	75.1	75.4	74.1	70.2	70.3
	L	66.92	59.4	73.5	76.3	82	84.5	81.4	81.4	78.8	74.5	70.2	72.6	73.4	73.8	72.6	75	74.8	75.2	73.9	70.3	70.3

RUIDO DE FONDO		Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	Nombre	41.8	46	39	43.2	39.9	45.7	42.2	40.4	41.9	41.1	43.8	41.6	42.7	43.8	43.5	39.6	34.6	29.3	26.1	26.8	23.4
2		46.1	39.3	37.6	32.1	33.3	45	41.3	38.8	36	36.3	37	38.8	41.9	42.4	39.3	34.7	30.5	26	24.3	26.3	21.9
3		37.1	36.1	35.1	36.9	37.9	42	39.1	33.2	32.1	28.1	29.9	31.4	32.8	34.6	34.2	28.7	24.7	20.8	19.2	25.5	21.1
4		50.9	47.5	37.5	36.9	37.3	41.2	40.8	38.4	35.4	32.4	31.9	35.8	37.7	38.6	37.3	32.9	27.5	22.8	19.3	20.2	16.9
5		25.6	31	33.6	39.3	34.5	33.2	31.5	28.8	29.5	31.3	32.3	33.4	30.1	29.5	28.3	27.5	23.7	20.2	15.3	16.8	13.8
6		40.3	41.7	33.8	46.8	42.3	42.3	42.2	43.5	42.2	43.7	40	35.6	36.8	38.5	36.8	30.9	25.7	21.2	19	20	16.8
7		45.4	41	34	43.5	39.8	43.6	37.8	37.7	37.2	34	34.7	34.8	37.6	37.9	37.9	34.8	28.6	24.1	21.9	23.4	19.6
8		36.8	33.9	39.2	44.8	37.2	42.6	40.6	36	31.4	31.6	31.3	32.9	34.7	37.5	40.3	37	31.1	27.3	23	23.2	20.6
9		42.6	35.5	32.4	36.6	38.8	44.4	34.7	35.7	32.5	32.2	33.3	34.8	37.2	37.4	37.1	31.4	26.8	22	19	20	16.5
10		39.6	43.1	48.7	49.9	53.6	44.4	43.5	40.5	45.2	41	38.7	40.8	41.9	43.4	42	37	31.9	26.9	24.3	24.9	20.8
	L	44.18	42.14	40.6	43.9	44.7	43.3	40.5	38.8	39.2	38	37.6	37.2	38.9	39.9	39.1	34.9	29.8	25.1	22.2	23.7	20

T20	Nombre	Hz																				
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
1	#T238856_2000-01-31_22-31-37_134_RT	0.67	0.75	1.94	1.36	1.66	2.78	2.45	3.03	1.75	1.64	1.57	1.9	2.06	2.53	2.47	2.3	1.85	1.66	1.53	1.38	1.29
2	#T238856_2000-01-31_22-33-45_135_RT	0.54	1.71	1.39	0.58	1.68	2.87	1.55	3.22	2.1	1.07	1.35	2.14	2.77	2.09	2.1	2.13	1.92	1.7	1.37	1.32	1.22
3	#T238856_2000-01-31_22-35-43_136_RT	0.53	2.46	1.53	1.67	2.75	3.15	4.61	3.06	2.6	1.12	1.11	1.54	1.44	2.23	2.21	1.74	1.94	1.73	1.52	1.28	1.24
4	#T238856_2000-01-31_22-36-58_137_RT	0.61	0.6	1.07	0.58	1.88	2.66	2.17	0.83	1.59	1.38	0.94	1.34	2.19	2.63	2.47	2.33	1.99	1.82	1.44	1.33	1.17
5	#T238856_2000-01-31_22-39-12_138_RT	0.79	0.72	0.94	1.45	1.77	2.29	3.46	3.32	2.33	1.41	1.2	2.09	1.71	2.06	2.24	1.99	1.86	1.74	1.55	1.33	1.3
6	#T238856_2000-01-31_22-40-20_139_RT	1.45	0.77	1.46	1.3	1.32	2.21	3.82	3.79	1.61	2.8	1.24	1.7	1.38	1.83	2.61	2.02	1.78	1.73	1.55	1.34	1.28
T		0.765	1.168	1.39	1.16	1.84	2.66	3.01	2.88	2	1.57	1.24	1.79	1.93	2.23	2.35	2.09	1.89	1.73	1.49	1.33	1.25

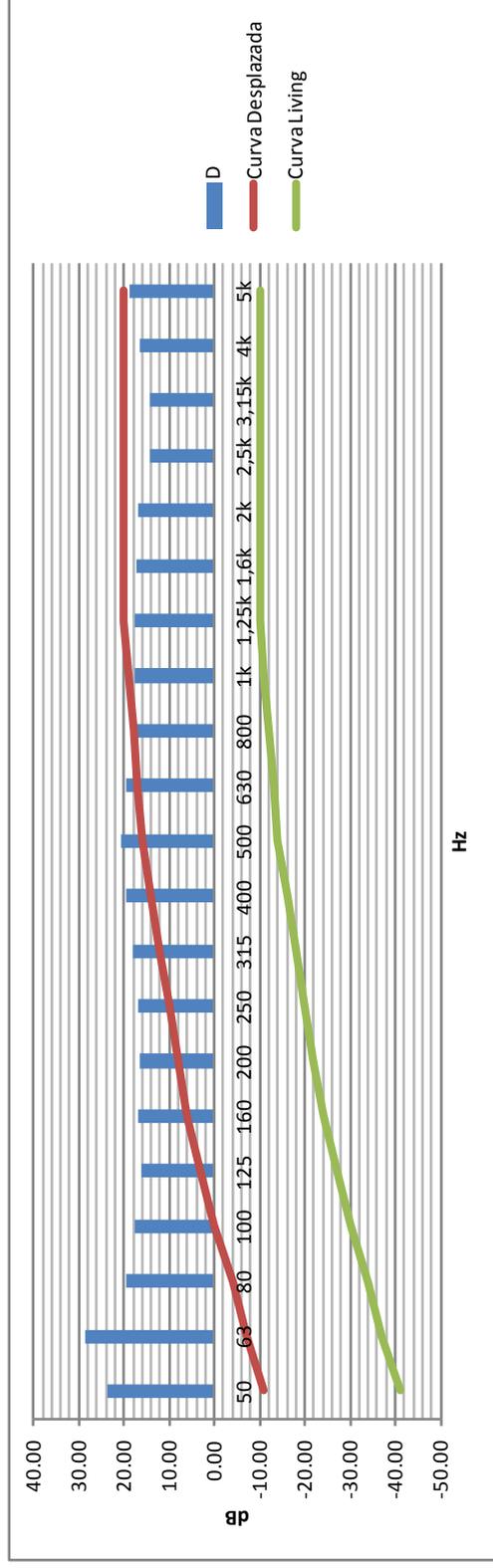
## RESULTADOS NORMA 16283-1

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 1dB

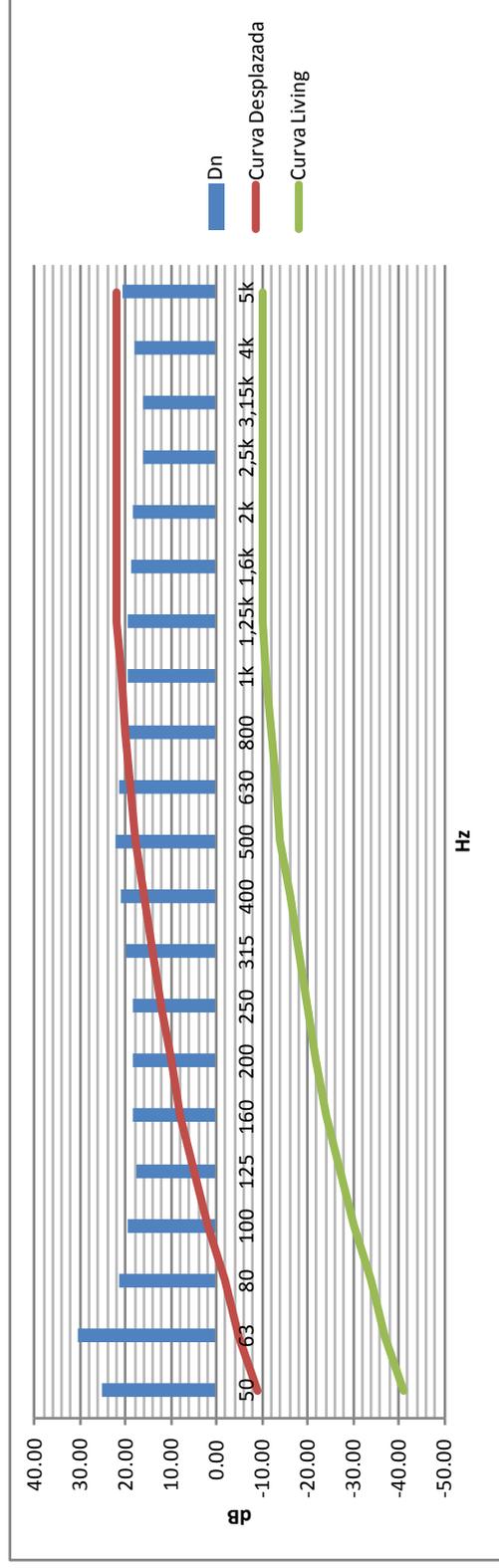
Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	23.64	28.68	19.64	17.64	16.07	16.81	16.49	16.71	18.14	19.42	20.63	19.61	18.17	17.79	17.66	17.10	16.80	14.25	14.24	16.44	18.82
Dn	25.37	30.40	21.37	19.37	17.80	18.53	18.22	18.44	19.87	21.15	22.36	21.33	19.89	19.51	19.38	18.82	18.53	15.98	15.97	18.17	20.55
Dnt	25.49	32.36	24.08	21.28	21.74	24.07	24.29	24.31	24.16	24.39	24.56	25.14	24.02	24.28	24.38	23.30	22.57	19.64	18.99	20.69	22.80
R'	24.67	31.54	23.26	20.46	20.92	23.25	23.47	23.49	23.34	23.57	23.74	24.32	23.20	23.46	23.56	22.48	21.75	18.83	18.17	19.87	21.98
A	5.30	3.47	2.92	3.51	2.20	1.53	1.35	1.41	2.03	2.58	3.29	2.27	2.11	1.82	1.73	1.95	2.15	2.35	2.72	3.05	3.25

16	Suma de Desviaciones										25.901	D,W		16							
Hz																					
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-11	-7	-4	0	3	6	8	10	12	14	16	17	18	19	20	20	20	20	20	20	20
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.213	2.343	2.903	3.201	5.746	5.759	3.558	1.178

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-64.64	-65.68	-53.64	-47.64	-43.07	-40.81	-38.49	-36.71	-36.14	-35.42	-34.63	-32.61	-30.17	-28.79	-27.66	-27.10	-26.80	-24.25	-24.24	-26.44	-28.82
logaritmo suma	16.76																				
C	0.763																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-48.64	-51.68	-40.64	-37.64	-36.07	-34.81	-32.49	-31.71	-32.14	-32.42	-32.63	-30.61	-27.17	-25.79	-26.66	-27.10	-27.80	-27.25	-29.24	-32.44	-36.82
logaritmo suma	17.24																				
Ctr	1.242																				

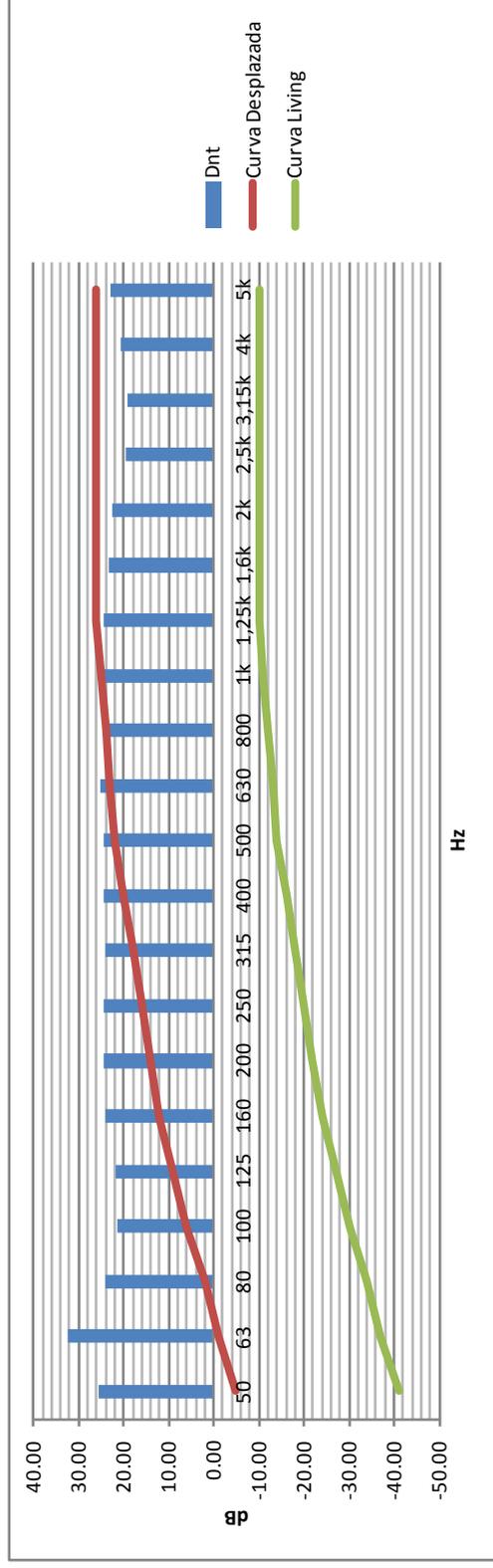


18		Suma de Desviaciones										28.195					Dn,w					18					
		Hz																									
<b>Nombre</b>		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k					
Curva Living		-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10					
Curva Normalizada		-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4					
Curva Desplazada		-9	-5	-2	2	5	8	10	12	14	16	18	19	20	21	22	22	22	22	22	22	22					
Desviaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.105	1.486	2.616	3.177	3.475	6.02	6.033	3.831	1.451					
<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																											
<b>Espectro 1</b>		-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10						
L-R		-66.37	-67.40	-55.37	-49.37	-44.80	-42.53	-40.22	-38.44	-37.87	-37.15	-36.36	-34.33	-31.89	-30.51	-29.38	-28.82	-28.53	-25.98	-25.97	-28.17	-30.55					
logaritmo suma		18.49																									
C		0.489																									
<b>Espectro 2</b>		-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18					
L-R		-50.37	-53.40	-42.37	-39.37	-37.80	-36.53	-34.22	-33.44	-33.87	-34.15	-34.36	-32.33	-28.89	-27.51	-28.38	-28.82	-29.53	-28.98	-30.97	-34.17	-38.55					
logaritmo suma		18.97																									
Ctr		0.969																									



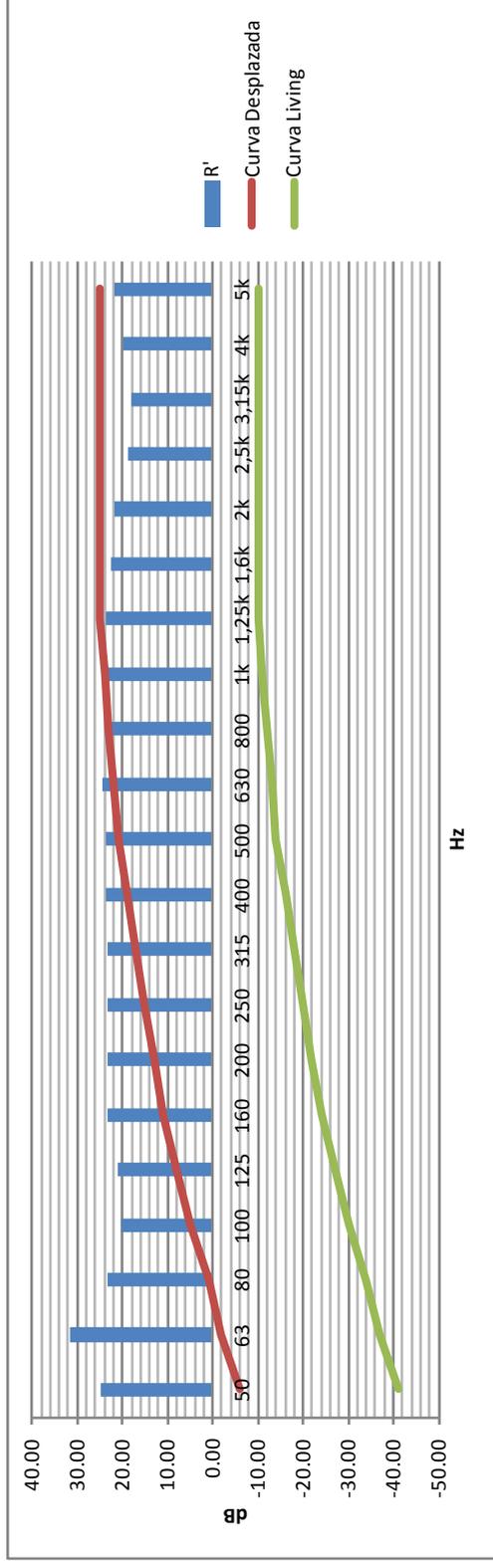
22	Suma de Desviaciones	30.342	Dnt,w		22																
Hz																					
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-5	-1	2	6	9	12	14	16	18	20	22	23	24	25	26	26	26	26	26	26	26
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,723	1,622	2,702	3,426	6,356	7,007	5,309	3,198

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-66,49	-69,36	-58,08	-51,28	-48,74	-48,07	-46,29	-44,31	-42,16	-40,39	-38,56	-38,14	-36,02	-35,28	-34,38	-33,30	-32,57	-29,64	-28,99	-30,69	-32,80
logaritmo suma	22,08																				
C	0,076																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-50,49	-55,36	-45,08	-41,28	-41,74	-42,07	-40,29	-39,31	-38,16	-37,39	-36,56	-36,14	-33,02	-32,28	-33,38	-33,30	-33,57	-32,64	-33,99	-36,69	-40,80
logaritmo suma	23,05																				
Ctr	1,051																				



21	Suma de Desviaciones														28.897	R',W	21				
Hz																					
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-6	-2	1	5	8	11	13	15	17	19	21	22	23	24	25	25	25	25	25	25	25
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,542	1,441	2,521	3,245	6,175	6,827	5,128	3,018

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-65.67	-68.54	-57.26	-50.46	-47.92	-47.25	-45.47	-43.49	-41.34	-39.57	-37.74	-37.32	-35.20	-34.46	-33.56	-32.48	-31.75	-28.83	-28.17	-29.87	-31.98
logaritmo suma	21.26																				
C	0.257																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-49.67	-54.54	-44.26	-40.46	-40.92	-41.25	-39.47	-38.49	-37.34	-36.57	-35.74	-35.32	-32.20	-31.46	-32.56	-32.48	-32.75	-31.83	-33.17	-35.87	-39.98
logaritmo suma	22.23																				
Ctr	1.231																				



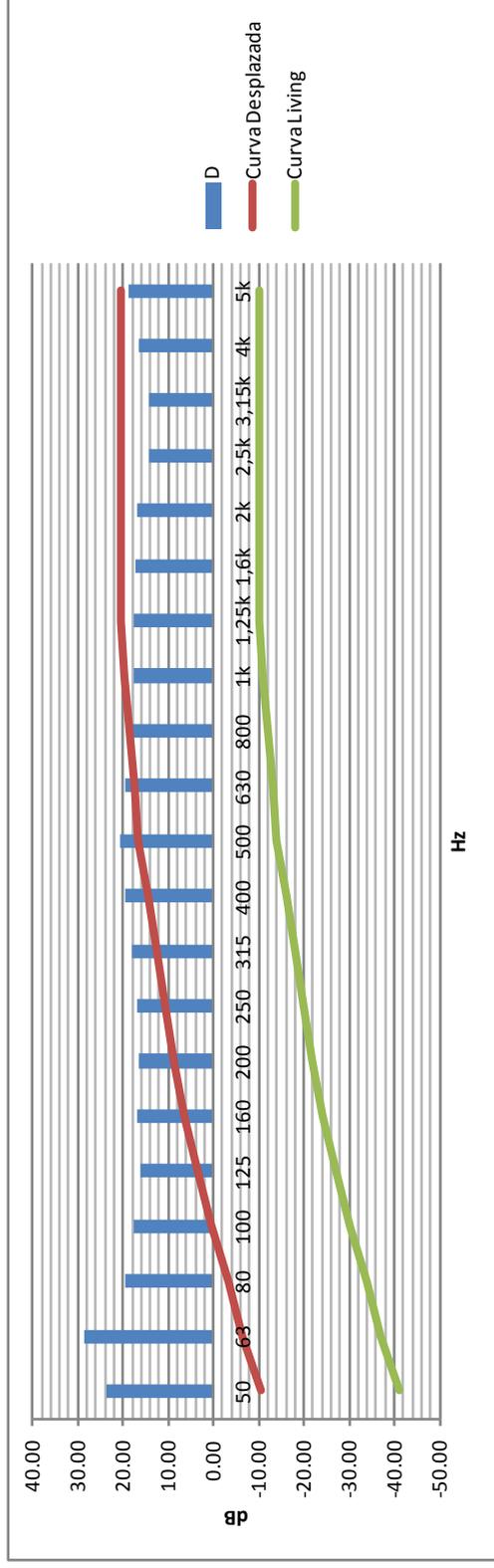
## RESULTADOS NORMA 16283-1

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 0.1 dB

Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	23.64	28.68	19.64	17.64	16.07	16.81	16.49	16.71	18.14	19.42	20.63	19.61	18.17	17.79	17.66	17.10	16.80	14.25	14.24	16.44	18.82
Dn	25.37	30.40	21.37	19.37	17.80	18.53	18.22	18.44	19.87	21.15	22.36	21.33	19.89	19.51	19.38	18.82	18.53	15.98	15.97	18.17	20.55
Dnt	25.49	32.36	24.08	21.28	21.74	24.07	24.29	24.31	24.16	24.39	24.56	25.14	24.02	24.28	24.38	23.30	22.57	19.64	18.99	20.69	22.80
R'	24.67	31.54	23.26	20.46	20.92	23.25	23.47	23.49	23.34	23.57	23.74	24.32	23.20	23.46	23.56	22.48	21.75	18.83	18.17	19.87	21.98
A	5.30	3.47	2.92	3.51	2.20	1.53	1.35	1.41	2.03	2.58	3.29	2.27	2.11	1.82	1.73	1.95	2.15	2.35	2.72	3.05	3.25

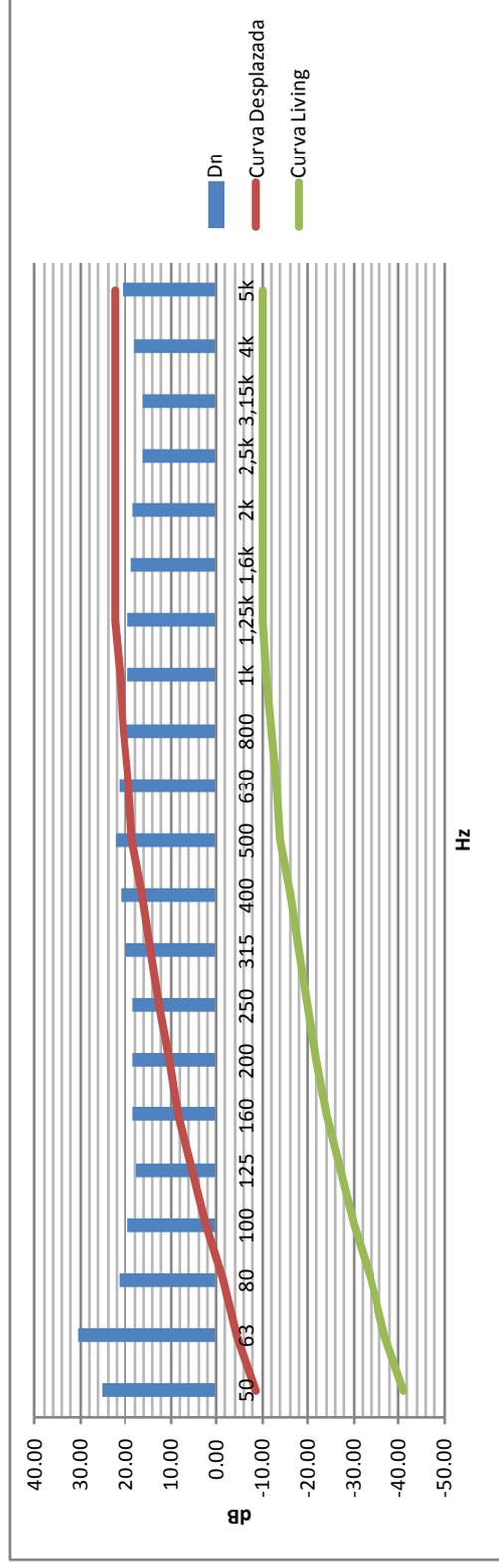
16.6	Suma de Desviaciones										31.132	DW	16.6								
Hz																					
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-10.4	-6.4	-3.4	0.6	3.6	6.6	8.6	10.6	12.6	14.6	16.6	17.6	18.6	19.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.431	1.813	2.943	3.503	3.801	6.346	6.359	4.158	1.778

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
L-R	-64.64	-65.68	-53.64	-47.64	-43.07	-40.81	-38.49	-36.71	-36.14	-35.42	-34.63	-32.61	-30.17	-28.79	-27.66	-27.10	-26.80	-24.25	-24.24	-26.44	-28.82
logaritmo suma	16.76																				
C	0.163																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-48.64	-51.68	-40.64	-37.64	-36.07	-34.81	-32.49	-31.71	-32.14	-32.42	-32.63	-30.61	-27.17	-25.79	-26.66	-27.10	-27.80	-27.25	-29.24	-32.44	-36.82
logaritmo suma	17.24																				
Ctr	0.642																				



18.4	Suma de Desviaciones										31.795	Dn,w					18.4					
Hz																						
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-8.6	-4.6	-1.6	2.4	5.4	8.4	10.4	12.4	14.4	16.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.505	1.886	3.016	3.577	3.875	6.42	6.433	4.231	1.851	

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-66.37	-67.40	-55.37	-49.37	-44.80	-42.53	-40.22	-38.44	-37.87	-37.15	-36.36	-34.33	-31.89	-30.51	-29.38	-28.82	-28.53	-25.98	-25.97	-28.17	-30.55
logaritmo suma	18.49																				
C	0.089																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-50.37	-53.40	-42.37	-39.37	-37.80	-36.53	-34.22	-33.44	-33.87	-34.15	-34.36	-32.33	-28.89	-27.51	-28.38	-28.82	-29.53	-28.98	-30.97	-34.17	-38.55
logaritmo suma	18.97																				
Ctr	0.569																				

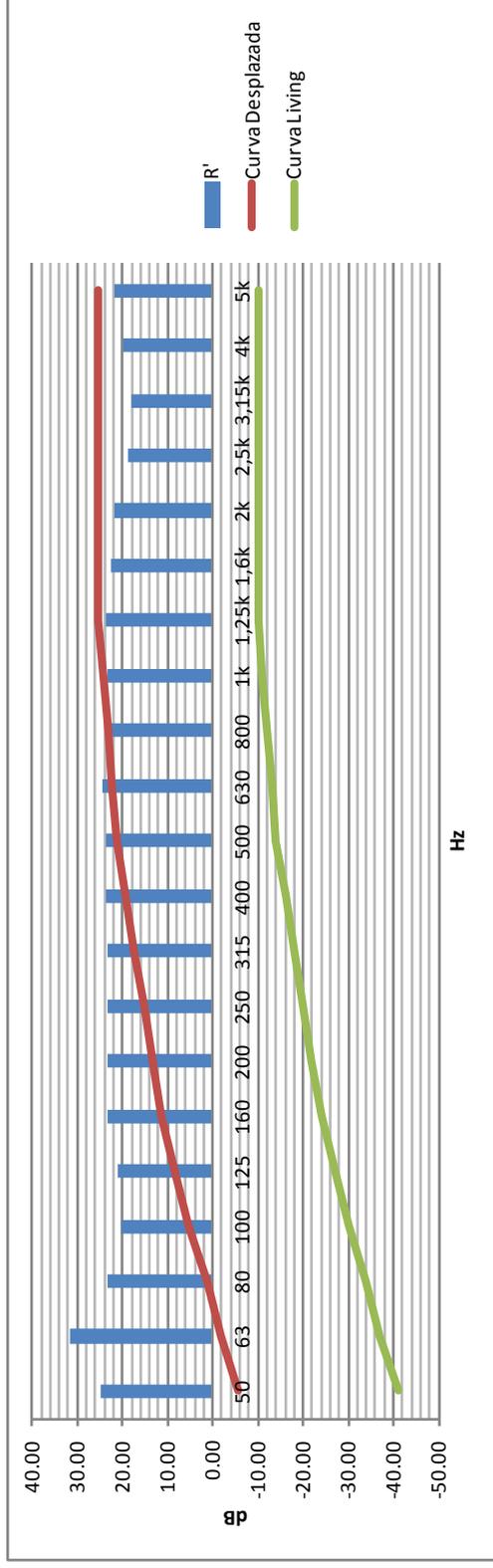




21.3		Suma de Desviaciones										R',W					21.3				
		Hz																			
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-5.7	-1.7	1.3	5.3	8.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.096	0.842	1.741	2.821	3.545	6.475	7.127	5.428	3.318

		CORRECCIÓN ESPECTRAL																			
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-65.67	-68.54	-57.26	-50.46	-47.92	-47.25	-45.47	-43.49	-41.34	-39.57	-37.74	-37.32	-35.20	-34.46	-33.56	-32.48	-31.75	-28.83	-28.17	-29.87	-31.98
logaritmo suma	21.26																				
C	-0.04																				
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-49.67	-54.54	-44.26	-40.46	-40.92	-41.25	-39.47	-38.49	-37.34	-36.57	-35.74	-35.32	-32.20	-31.46	-32.56	-32.48	-32.75	-31.83	-33.17	-35.87	-39.98
logaritmo suma	22.23																				
Ctr	0.931																				



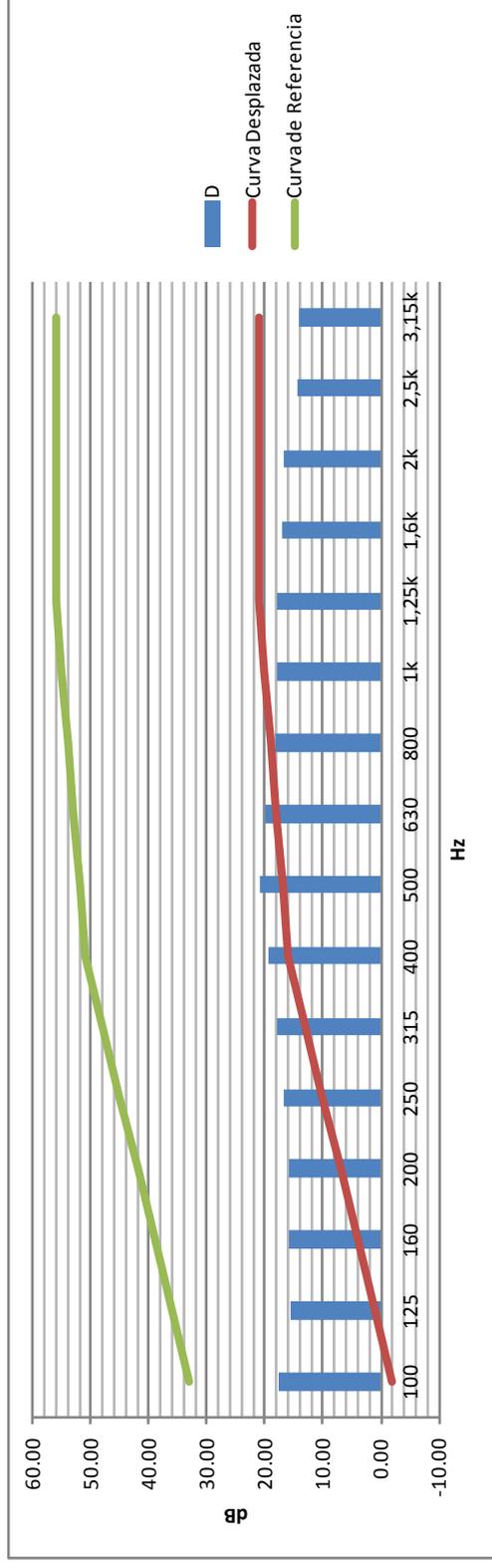
## RESULTADOS NORMA 140-4

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 1dB

Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	19.35	25.36	17.22	17.58	15.68	15.81	15.95	16.61	17.95	19.41	20.85	19.86	18.29	17.78	17.79	17.12	16.81	14.33	14.21	16.39	18.77
Dn	21.25	27.26	19.12	19.48	17.58	17.71	17.85	18.51	19.85	21.30	22.74	21.75	20.19	19.68	19.69	19.02	18.71	16.23	16.10	18.28	20.67
Dnt	21.20	29.05	21.65	21.23	21.35	23.07	23.75	24.21	23.96	24.38	24.77	25.38	24.15	24.27	24.51	23.32	22.59	19.72	18.96	20.63	22.75
R'	20.55	28.40	21.00	20.57	20.70	22.42	23.09	23.56	23.31	23.72	24.12	24.73	23.49	23.62	23.86	22.67	21.94	19.07	18.31	19.98	22.10
A	4.90	3.21	2.70	3.24	2.04	1.41	1.25	1.31	1.88	2.39	3.04	2.10	1.95	1.68	1.60	1.80	1.99	2.17	2.51	2.82	3.00

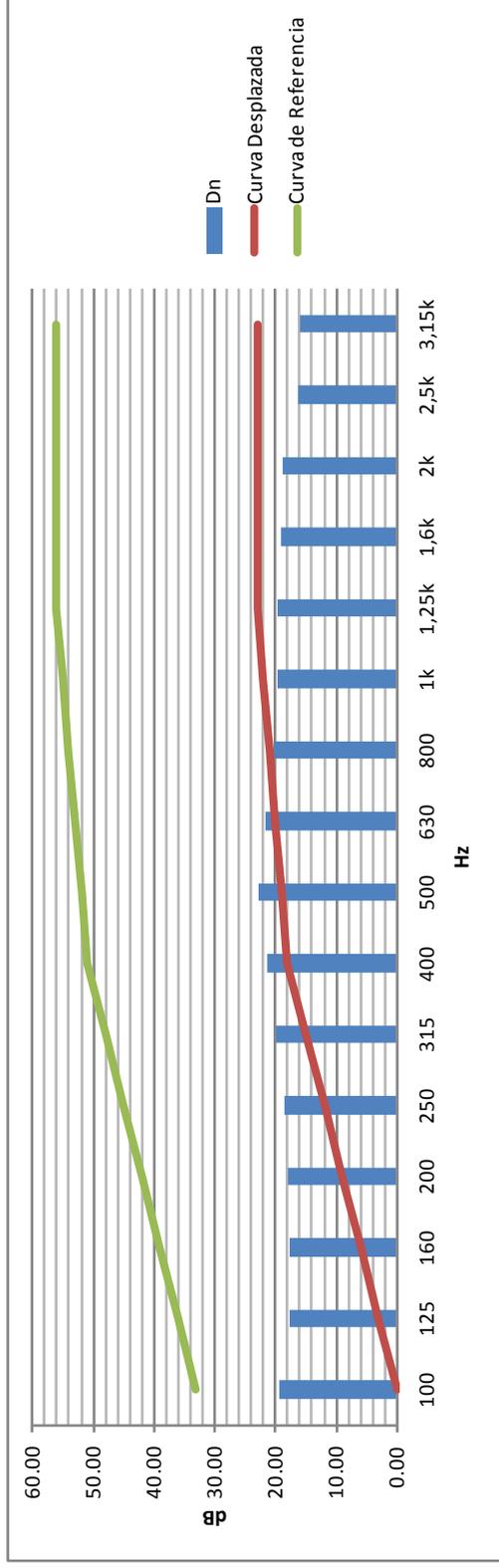
17	Suma de desviaciones										27.668	D,W	17									
Hz																						
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				-2	1	4	7	10	13	16	17	18	19	20	21	21	21	21	21	21	21	21
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,71	2.217	3.21	3.877	4.189	6.671	6.794		

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-60.35	-62.36	-51.22	-47.58	-42.68	-39.81	-37.95	-36.61	-35.95	-35.41	-34.85	-32.86	-30.29	-28.78	-27.79	-27.12	-26.81	-24.33	-24.21	-26.39	-28.77
logaritmo suma	16.78																				
C	-0.22																				
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-44.35	-48.36	-38.22	-37.58	-35.68	-33.81	-31.95	-31.61	-31.95	-32.41	-32.85	-30.86	-27.29	-25.78	-26.79	-27.12	-27.81	-27.33	-29.21	-32.39	-36.77
logaritmo suma	17.22																				
Ctr	0.218																				



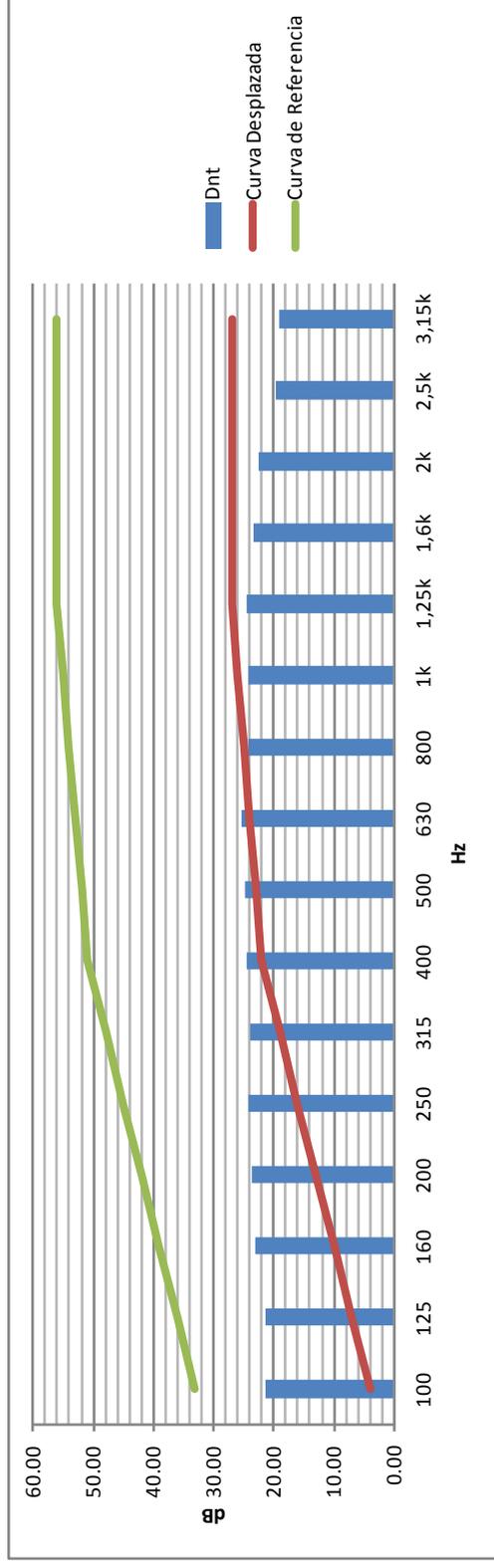
19	Suma de desviaciones											28.384	Dn,w	19								
Hz																						
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				0	3	6	9	12	15	18	19	20	21	22	23	23	23	23	23	23	23	23
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,812	2,319	3,313	3,98	4,291	6,773	6,896			

CORRECCIÓN ESPECTRAL																						
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62,25	-64,26	-53,12	-49,48	-44,58	-41,71	-39,85	-38,51	-37,85	-37,30	-36,74	-34,75	-32,19	-30,68	-29,69	-29,02	-28,71	-26,23	-26,10	-28,28	-30,67	
logaritmo suma	18,67																					
C	-0,33																					
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-46,25	-50,26	-40,12	-39,48	-37,58	-35,71	-33,85	-33,51	-33,85	-34,30	-34,74	-32,75	-29,19	-27,68	-28,69	-29,02	-29,71	-29,23	-31,10	-34,28	-38,67	
logaritmo suma	19,12																					
Ctr	0,115																					



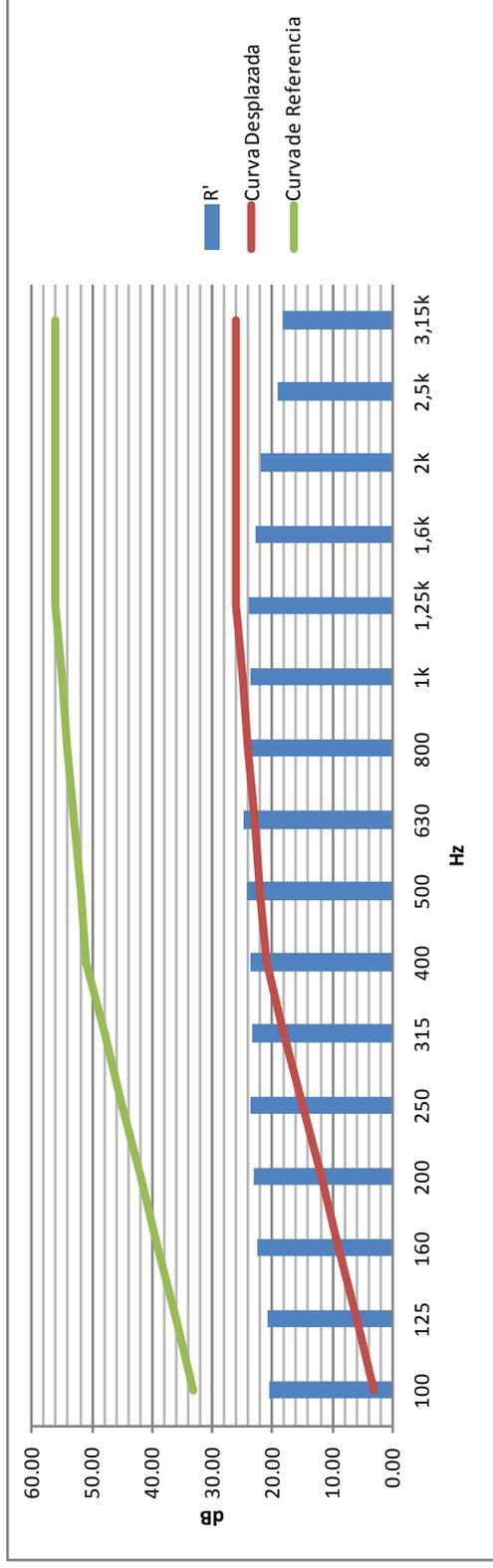
23	Suma de desviaciones											28.483	Dnt,w					23				
Hz																						
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				4	7	10	13	16	19	22	23	24	25	26	27	27	27	27	27	27	27	27
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,855	1,727	2,49	3,676	4,414	7,28	8,042			

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62.20	-66.05	-55.65	-51.23	-48.35	-47.07	-45.75	-44.21	-41.96	-40.38	-38.77	-38.38	-36.15	-35.27	-34.51	-33.32	-32.59	-29.72	-28.96	-30.63	-32.75
logaritmo suma	22.09																				
C	-0.91																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-46.20	-52.05	-42.65	-41.23	-41.35	-41.07	-39.75	-39.21	-37.96	-37.38	-36.77	-36.38	-33.15	-32.27	-33.51	-33.32	-33.59	-32.72	-33.96	-36.63	-40.75
logaritmo suma	23.02																				
Ctr	0.024																				



22	Suma de desviaciones										26.038	R',w	22									
Hz																						
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				3	6	9	12	15	18	21	22	23	24	25	26	26	26	26	26	26	26	26
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,506	1,377	2,14	3,326	4,065	6,93	7,693		

CORRECCIÓN ESPECTRAL																						
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-61.55	-65.40	-55.00	-50.57	-47.70	-46.42	-45.09	-43.56	-41.31	-39.72	-38.12	-37.73	-35.49	-34.62	-33.86	-32.67	-31.94	-29.07	-28.31	-29.98	-32.10	
logaritmo suma	21.44																					
C	-0.56																					
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-45.55	-51.40	-42.00	-40.57	-40.70	-40.42	-39.09	-38.56	-37.31	-36.72	-36.12	-35.73	-32.49	-31.62	-32.86	-32.67	-32.94	-32.07	-33.31	-35.98	-40.10	
logaritmo suma	22.37																					
Ctr	0.374																					



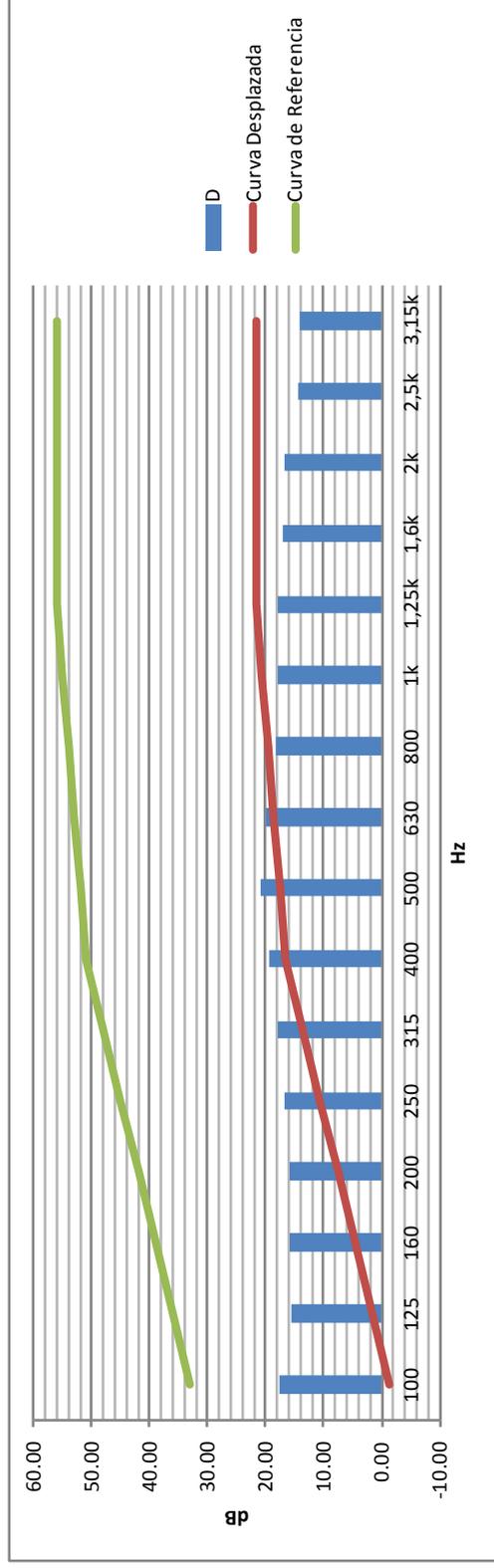
## RESULTADOS NORMA 140-4

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 0.1dB

Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	19.35	25.36	17.22	17.58	15.68	15.81	15.95	16.61	17.95	19.41	20.85	19.86	18.29	17.78	17.79	17.12	16.81	14.33	14.21	16.39	18.77
Dn	21.25	27.26	19.12	19.48	17.58	17.71	17.85	18.51	19.85	21.30	22.74	21.75	20.19	19.68	19.69	19.02	18.71	16.23	16.10	18.28	20.67
Dnt	21.20	29.05	21.65	21.23	21.35	23.07	23.75	24.21	23.96	24.38	24.77	25.38	24.15	24.27	24.51	23.32	22.59	19.72	18.96	20.63	22.75
R'	20.55	28.40	21.00	20.57	20.70	22.42	23.09	23.56	23.31	23.72	24.12	24.73	23.49	23.62	23.86	22.67	21.94	19.07	18.31	19.98	22.10
A	4.90	3.21	2.70	3.24	2.04	1.41	1.25	1.31	1.88	2.39	3.04	2.10	1.95	1.68	1.60	1.80	1.99	2.17	2.51	2.82	3.00

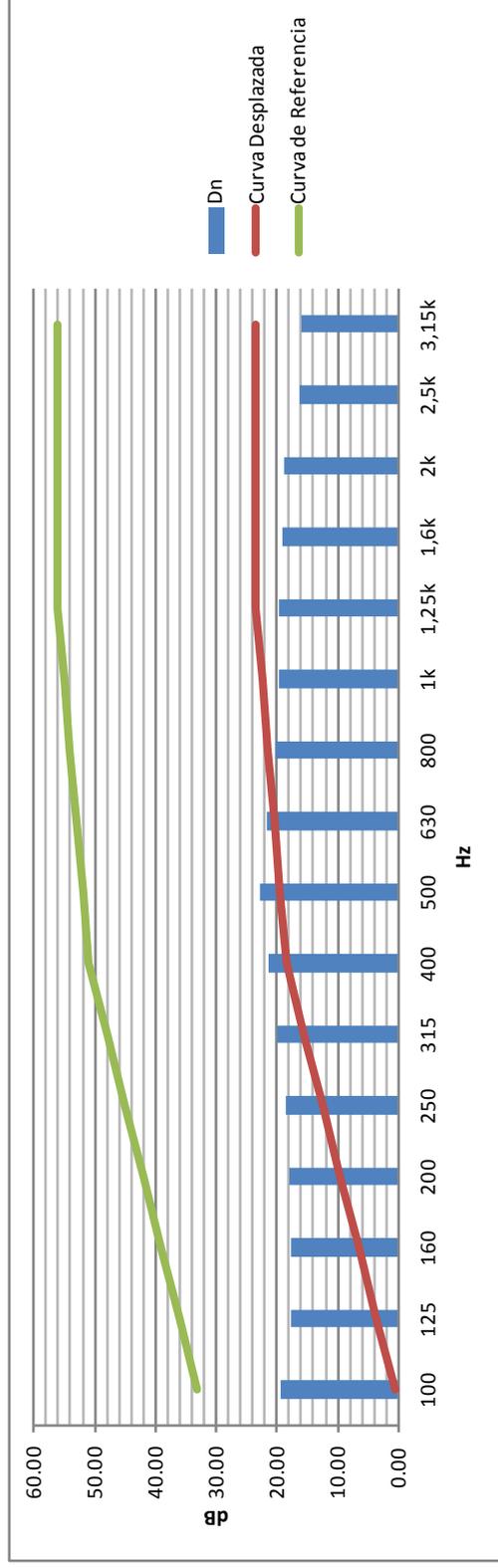
17.6	Suma de desviaciones											D,W	17.6									
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Nombre	Hz																					
Curva de Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada	-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-1.4	1.6	4.6	7.6	10.6	13.6	16.6	17.6	18.6	19.6	20.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.31	2.817	3.81	4.477	4.789	7.271	7.394					

CORRECCIÓN ESPECTRAL																						
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-60.35	-62.36	-51.22	-47.58	-42.68	-39.81	-37.95	-36.61	-35.95	-35.41	-34.85	-32.86	-30.29	-28.78	-27.79	-27.12	-26.81	-24.33	-24.21	-26.39	-28.77	
logaritmo suma	16.78																					
C	-0.82																					
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-44.35	-48.36	-38.22	-37.58	-35.68	-33.81	-31.95	-31.61	-31.95	-32.41	-32.85	-30.86	-27.29	-25.78	-26.79	-27.12	-27.81	-27.33	-29.21	-32.39	-36.77	
logaritmo suma	17.22																					
Ctr	-0.38																					



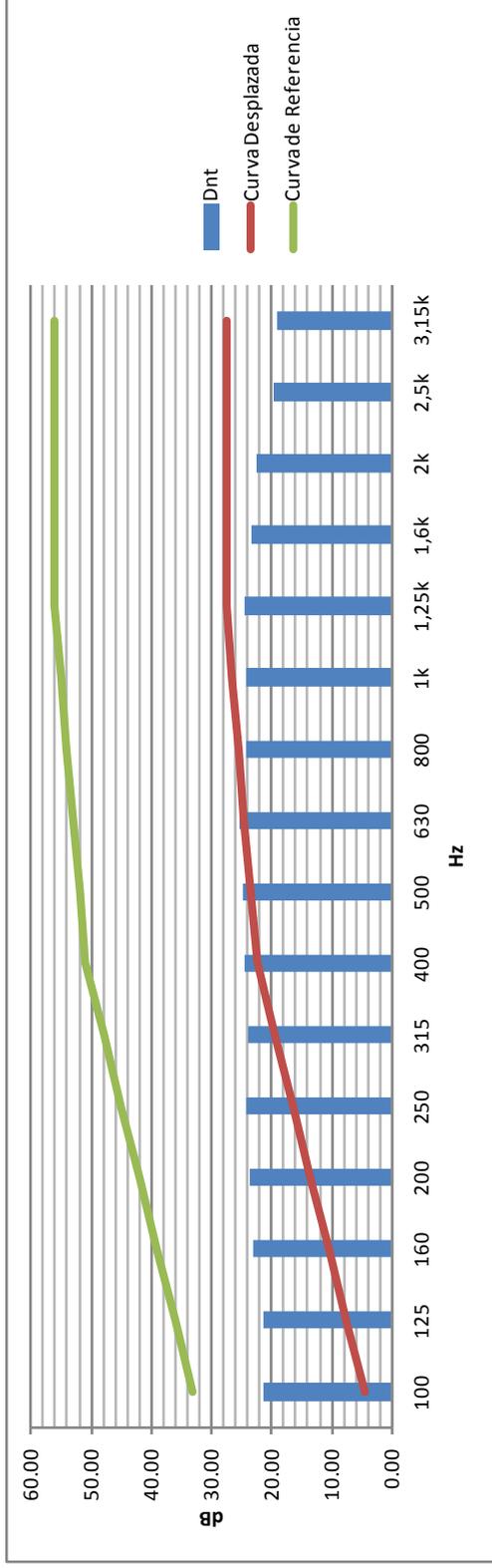
19.5	Suma de desviaciones											Dn,w					19.5				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Nombre	Hz																				
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				0.5	3.5	6.5	9.5	12.5	15.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.312	2.819	3.813	4.48	4.791	7.273	7.396		

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
L-R	-62.25	-64.26	-53.12	-49.48	-44.58	-41.71	-39.85	-38.51	-37.85	-37.30	-36.74	-34.75	-32.19	-30.68	-29.69	-29.02	-28.71	-26.23	-26.10	-28.28	-30.67
logaritmo suma	18.67																				
C	-0.83																				
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-46.25	-50.26	-40.12	-39.48	-37.58	-35.71	-33.85	-33.51	-33.85	-34.30	-34.74	-32.75	-29.19	-27.68	-28.69	-29.02	-29.71	-29.23	-31.10	-34.28	-38.67
logaritmo suma	19.12																				
Ctr	-0.38																				



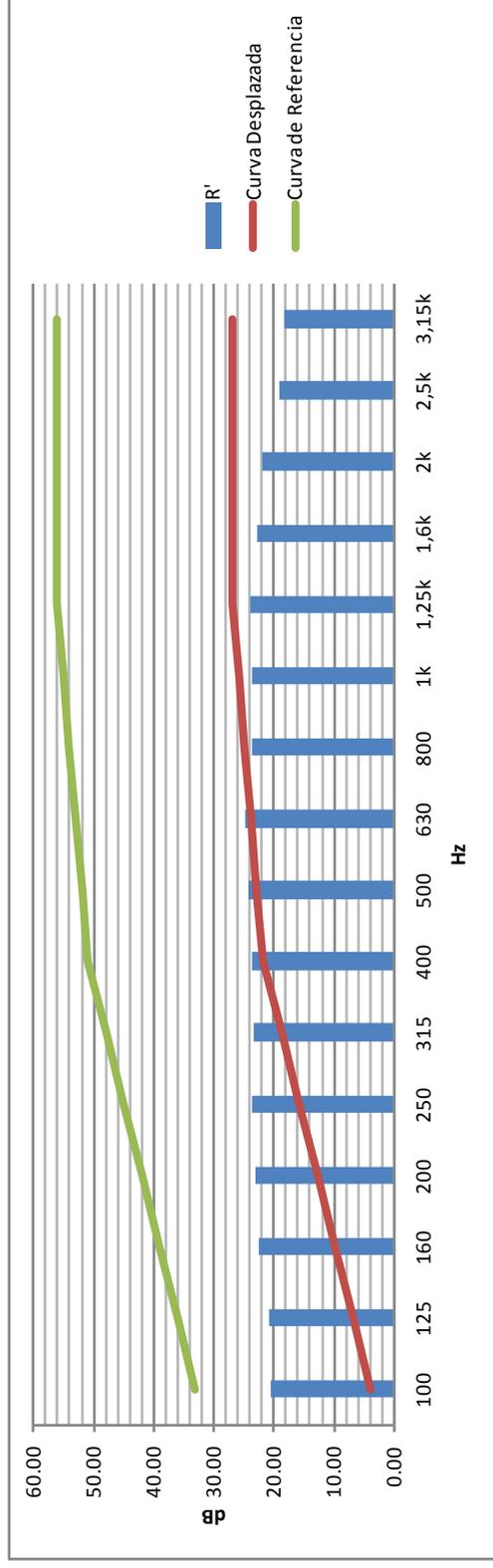
23.5	Suma de desviaciones														Dnt,w					23.5				
	Hz																							
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k			
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56		
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4		
Curva Desplazada				4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5		
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.355	2.227	2.99	4.176	4.914	7.78	8.542					

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																						
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-18	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62.20	-66.05	-55.65	-51.23	-48.35	-47.07	-45.75	-44.21	-41.96	-40.38	-38.77	-38.38	-36.15	-35.27	-34.51	-33.32	-32.59	-29.72	-28.96	-30.63	-32.75	
logaritmo suma	22.09																					
C	-1.41																					
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-46.20	-52.05	-42.65	-41.23	-41.35	-41.07	-39.75	-39.21	-37.96	-37.38	-36.77	-36.38	-33.15	-32.27	-33.51	-33.32	-33.59	-32.72	-33.96	-36.63	-40.75	
logaritmo suma	23.02																					
Ctr	-0.48																					



22.8	Suma de desviaciones											31.638	R',w	22.8							
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500				630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k
Nombre	Hz																				
Curva de Referencia				33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	56	56
Curva Normalizada				-19	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada				3.8	6.8	9.8	12.8	15.8	18.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
Desviaciones				0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.306	2.177	2.94	4.126	4.865	7.73	8.493		

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
L-R	-61.55	-65.40	-55.00	-50.57	-47.70	-46.42	-45.09	-43.56	-41.31	-39.72	-38.12	-37.73	-35.49	-34.62	-33.86	-32.67	-31.94	-29.07	-28.31	-29.98	-32.10
logaritmo suma	21.44																				
C	-1.36																				
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-45.55	-51.40	-42.00	-40.57	-40.70	-40.42	-39.09	-38.56	-37.31	-36.72	-36.12	-35.73	-32.49	-31.62	-32.86	-32.67	-32.94	-32.07	-33.31	-35.98	-40.10
logaritmo suma	22.37																				
Ctr	-0.43																				



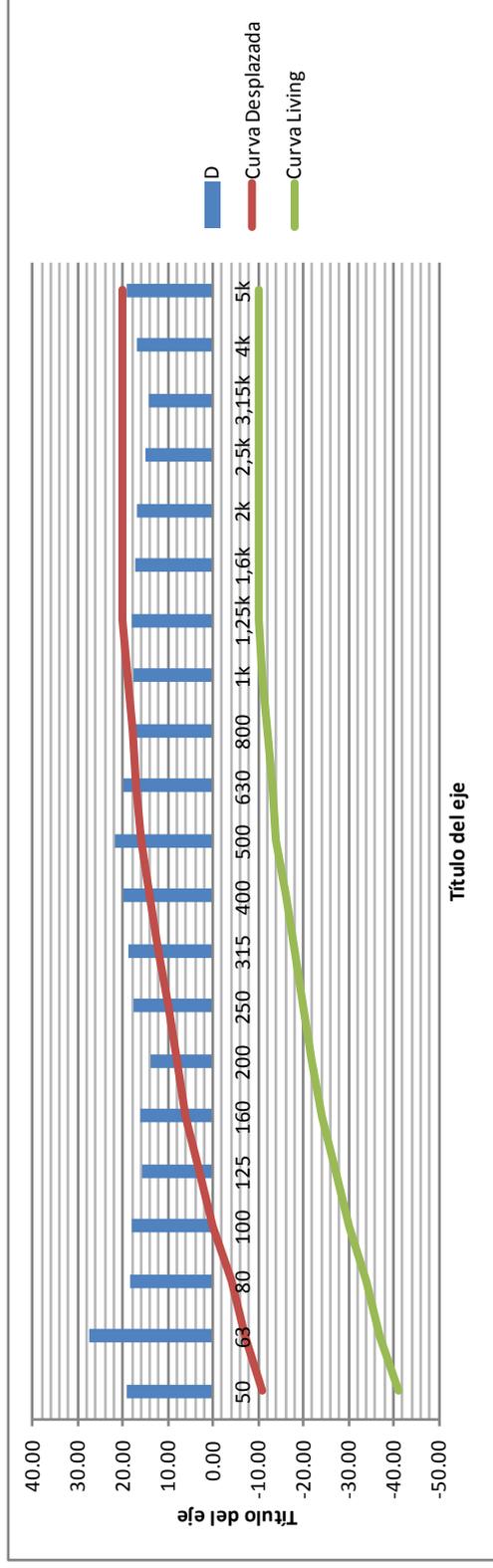
## RESULTADOS BARRIDOS MANUALES

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 1dB

Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	19.31	27.61	18.46	17.91	15.70	16.28	13.78	17.56	18.79	19.80	21.68	20.07	18.31	17.75	17.89	17.29	16.91	14.89	14.40	16.92	19.12
Dn	21.03	29.33	20.18	19.63	17.42	18.01	15.51	19.29	20.52	21.52	23.41	21.80	20.04	19.48	19.62	19.02	18.63	16.62	16.13	18.64	20.84
Dnt	21.15	31.29	22.89	21.55	21.36	23.54	21.58	25.16	24.80	24.76	25.61	25.60	24.17	24.24	24.61	23.49	22.68	20.28	19.16	21.17	23.10
R'	20.33	30.47	22.07	20.73	20.54	22.72	20.76	24.34	23.98	23.95	24.79	24.78	23.35	23.42	23.79	22.67	21.86	19.46	18.34	20.35	22.28
A	5.30	3.47	2.92	3.51	2.20	1.53	1.35	1.41	2.03	2.58	3.29	2.27	2.11	1.82	1.73	1.95	2.15	2.35	2.72	3.05	3.25

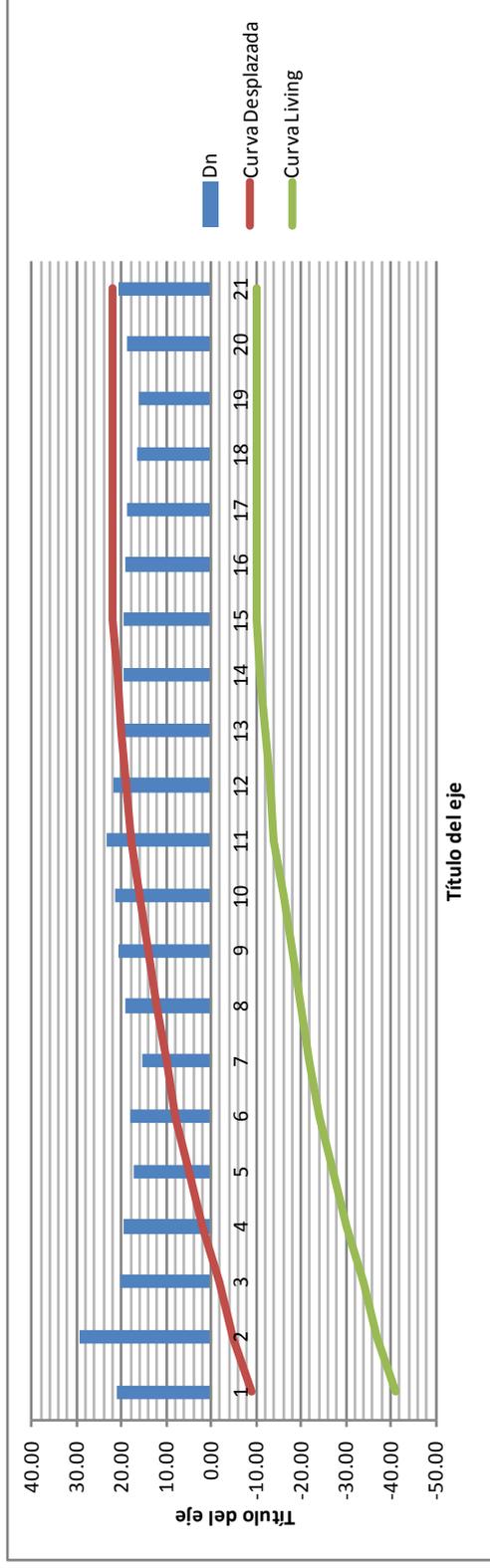
16	Suma de Desviaciones										23.833	D,W					16				
Hz																					
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-11	-7	-4	0	3	6	8	10	12	14	16	17	18	19	20	20	20	20	20	20	20
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.248	2.111	2.708	3.094	5.109	5.596	3.084	0.884

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-60.31	-64.61	-52.46	-47.91	-42.70	-40.28	-35.78	-37.56	-36.79	-35.80	-35.68	-33.07	-30.31	-28.75	-27.89	-27.29	-26.91	-24.89	-24.40	-26.92	-29.12
Logaritmo Suma	17.04																				
<b>C</b>	1.04																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-44.31	-50.61	-39.46	-37.91	-35.70	-34.28	-29.78	-32.56	-32.79	-32.80	-33.68	-31.07	-27.31	-25.75	-26.89	-27.29	-27.91	-27.89	-29.40	-32.92	-37.12
Logaritmo Suma	17.36																				
<b>Ctr</b>	1.362																				



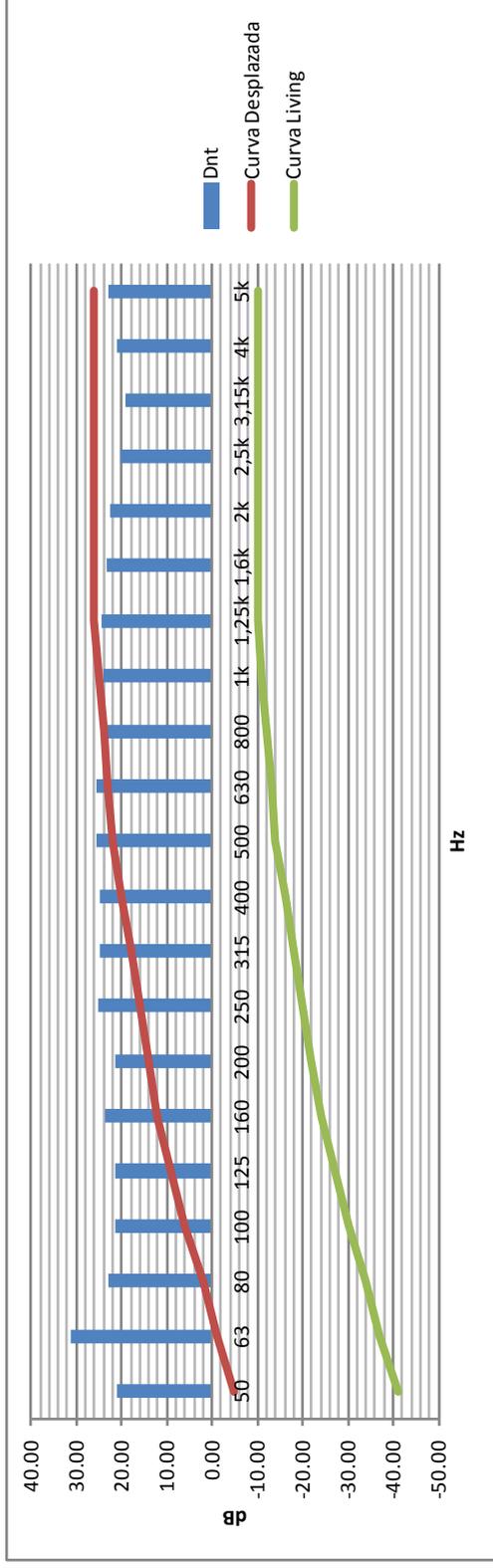
18		Suma de Desviaciones										26.022					Dn,w					18				
		Hz																								
<b>Nombre</b>		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k				
Curva Living		-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10				
Curva Normalizada		-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4				
Curva Desplazada		-9	-5	-2	2	5	8	10	12	14	16	18	19	20	21	22	22	22	22	22	22	22				
Desviaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.522	2.384	2.982	3.367	5.383	5.87	3.357	1.157				

		<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																				
<b>Espectro 1</b>		-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R		-62.03	-66.33	-54.18	-49.63	-44.42	-42.01	-37.51	-39.29	-38.52	-37.52	-37.41	-34.80	-32.04	-30.48	-29.62	-29.02	-28.63	-26.62	-26.13	-28.64	-30.84
Logaritmo Suma		18.77																				
C		0.766																				
<b>Espectro 2</b>		-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R		-46.03	-52.33	-41.18	-39.63	-37.42	-36.01	-31.51	-34.29	-34.52	-34.52	-35.41	-32.80	-29.04	-27.48	-28.62	-29.02	-29.63	-29.62	-31.13	-34.64	-38.84
Logaritmo Suma		19.09																				
Ctr		1.089																				



22	Suma de Desviaciones											28.274	Dnt,w	22								
Hz																						
Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-5	-1	2	6	9	12	14	16	18	20	22	23	24	25	26	26	26	26	26	26	26	26
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,758	1,39	2,506	3,319	5,719	6,844	4,835	2,904	

CORRECCIÓN ESPECTRAL																						
Espectro 1	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62.15	-68.29	-56.89	-51.55	-48.36	-47.54	-43.58	-45.16	-42.80	-40.76	-39.61	-38.60	-36.17	-35.24	-34.61	-33.49	-32.68	-30.28	-29.16	-31.17	-33.10	
Logaritmo Suma	22.38																					
C	0.381																					
Espectro 2	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-46.15	-54.29	-43.89	-41.55	-41.36	-41.54	-37.58	-40.16	-38.80	-37.76	-37.61	-36.60	-33.17	-32.24	-33.61	-33.49	-33.68	-33.28	-34.16	-37.17	-41.10	
Logaritmo Suma	23.23																					
Ctr	1.226																					





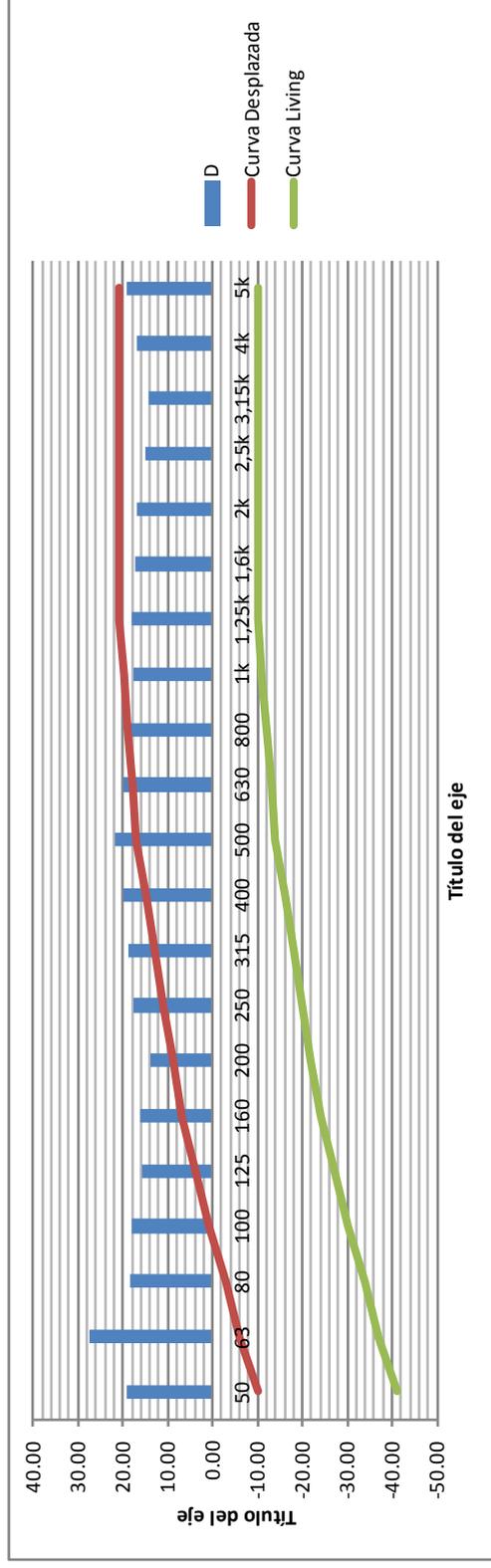
## RESULTADOS BARRIDOS MANUALES

NOTA: DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE 0.1dB

Nombre	Hz																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
D	19.31	27.61	18.46	17.91	15.70	16.28	13.78	17.56	18.79	19.80	21.68	20.07	18.31	17.75	17.89	17.29	16.91	14.89	14.40	16.92	19.12
Dn	21.03	29.33	20.18	19.63	17.42	18.01	15.51	19.29	20.52	21.52	23.41	21.80	20.04	19.48	19.62	19.02	18.63	16.62	16.13	18.64	20.84
Dnt	21.15	31.29	22.89	21.55	21.36	23.54	21.58	25.16	24.80	24.76	25.61	25.60	24.17	24.24	24.61	23.49	22.68	20.28	19.16	21.17	23.10
R'	20.33	30.47	22.07	20.73	20.54	22.72	20.76	24.34	23.98	23.95	24.79	24.78	23.35	23.42	23.79	22.67	21.86	19.46	18.34	20.35	22.28
A	5.30	3.47	2.92	3.51	2.20	1.53	1.35	1.41	2.03	2.58	3.29	2.27	2.11	1.82	1.73	1.95	2.15	2.35	2.72	3.05	3.25

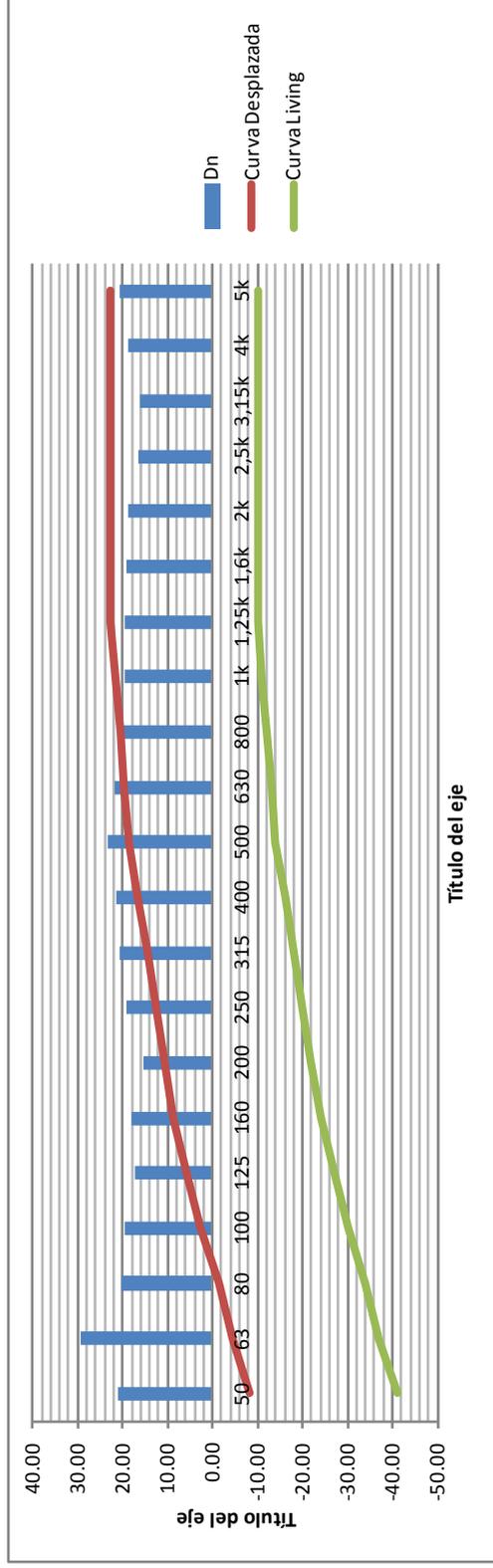
16.9	Suma de Desviaciones										31.619	D,W	16.9								
	Hz																				
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-10.1	-6.1	-3.1	0.9	3.9	6.9	8.9	10.9	12.9	14.9	16.9	17.9	18.9	19.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.587	2.148	3.011	3.608	3.994	6.009	6.496	3.984	1.784

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-60.31	-64.61	-52.46	-47.91	-42.70	-40.28	-35.78	-37.56	-36.79	-35.80	-35.68	-33.07	-30.31	-28.75	-27.89	-27.29	-26.91	-24.89	-24.40	-26.92	-29.12
Logaritmo Suma	17.04																				
<b>C</b>	0.14																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-44.31	-50.61	-39.46	-37.91	-35.70	-34.28	-29.78	-32.56	-32.79	-32.80	-33.68	-31.07	-27.31	-25.75	-26.89	-27.29	-27.91	-27.89	-29.40	-32.92	-37.12
Logaritmo Suma	17.36																				
<b>Ctr</b>	0.462																				



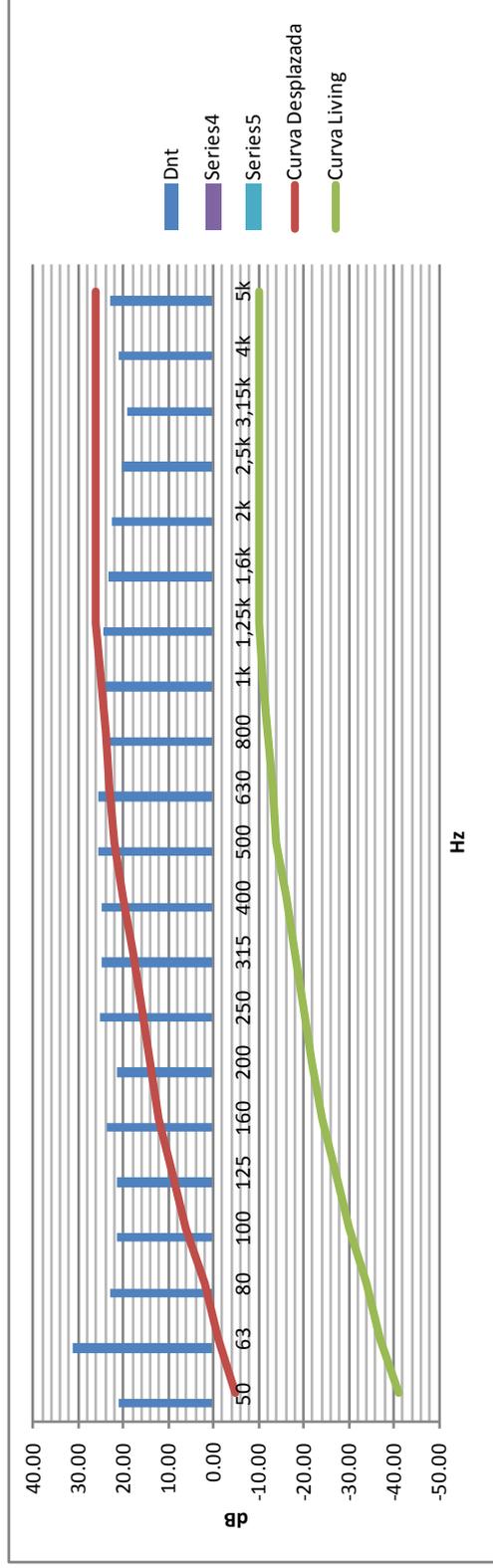
18.6	Suma de Desviaciones											31.383	Dn,w					18.6				
Hz																						
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-8.4	-4.4	-1.4	2.6	5.6	8.6	10.6	12.6	14.6	16.6	18.6	19.6	20.6	21.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	2.122	2.984	3.582	3.967	5.983	6.47	3.957	1.757	

CORRECCIÓN ESPECTRAL																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62.03	-66.33	-54.18	-49.63	-44.42	-42.01	-37.51	-39.29	-38.52	-37.52	-37.41	-34.80	-32.04	-30.48	-29.62	-29.02	-28.63	-26.62	-26.13	-28.64	-30.84
Logaritmo Suma	18.77																				
C	0.166																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-46.03	-52.33	-41.18	-39.63	-37.42	-36.01	-31.51	-34.29	-34.52	-34.52	-35.41	-32.80	-29.04	-27.48	-28.62	-29.02	-29.63	-29.62	-31.13	-34.64	-38.84
Logaritmo Suma	19.09																				
Ctr	0.489																				



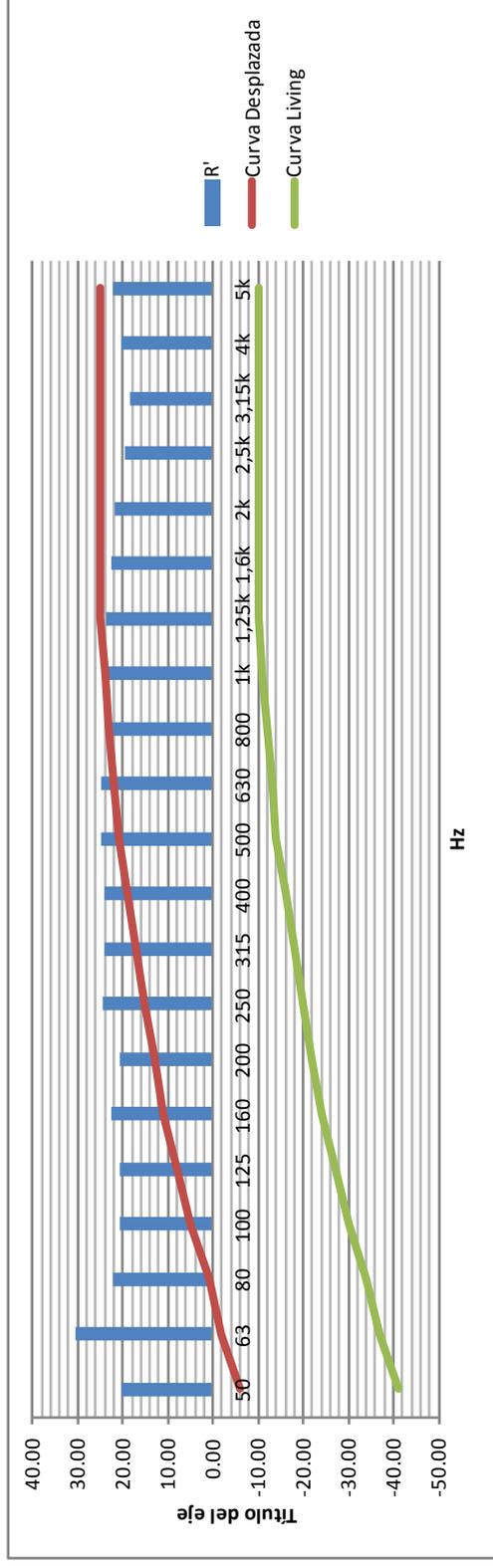
22.4	Suma de Desviaciones											31.707	Dnt,w	22.4								
Hz																						
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-4.6	-0.6	2.4	6.4	9.4	12.4	14.4	16.4	18.4	20.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.232	1.158	1.79	2.906	3.719	6.119	7.244	5.235	3.304	

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																					
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-62.15	-68.29	-56.89	-51.55	-48.36	-47.54	-43.58	-45.16	-42.80	-40.76	-39.61	-38.60	-36.17	-35.24	-34.61	-33.49	-32.68	-30.28	-29.16	-31.17	-33.10
Logaritmo Suma	22.38																				
C	-0.019																				
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18
L-R	-46.15	-54.29	-43.89	-41.55	-41.36	-41.54	-37.58	-40.16	-38.80	-37.76	-37.61	-36.60	-33.17	-32.24	-33.61	-33.49	-33.68	-33.28	-34.16	-37.17	-41.10
Logaritmo Suma	23.23																				
Ctr	0.826																				



21.6	Suma de Desviaciones										31.88	R',w					21.6					
Hz																						
<b>Nombre</b>	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Curva Living	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Curva Normalizada	-27	-23	-20	-16	-13	-10	-8	-6	-4	-2	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Curva Desplazada	-5.4	-1.4	1.6	5.6	8.6	11.6	13.6	15.6	17.6	19.6	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6
Desviaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.251	1.177	1.809	2.926	3.738	6.138	7.263	5.254	3.324	

<b>CORRECCIÓN ESPECTRAL</b>																						
<b>Espectro 1</b>	-41	-37	-34	-30	-27	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
L-R	-61.33	-67.47	-56.07	-50.73	-47.54	-46.72	-42.76	-44.34	-41.98	-39.95	-38.79	-37.78	-35.35	-34.42	-33.79	-32.67	-31.86	-29.46	-28.34	-30.35	-32.28	
Logaritmo Suma	21.56																					
C	-0.039																					
<b>Espectro 2</b>	-25	-23	-21	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18	
L-R	-45.33	-53.47	-43.07	-40.73	-40.54	-40.72	-36.76	-39.34	-37.98	-36.95	-36.79	-35.78	-32.35	-31.42	-32.79	-32.67	-32.86	-32.46	-33.34	-36.35	-40.28	
Logaritmo Suma	22.41																					
Ctr	0.806																					

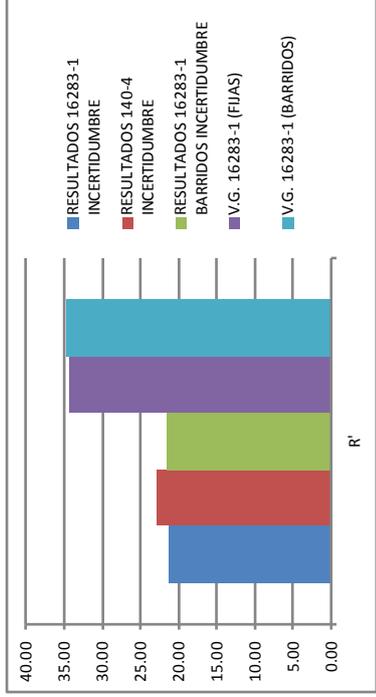
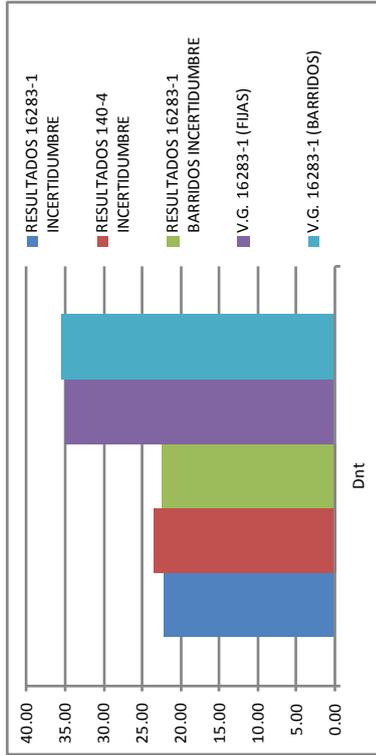






# RESULTADOS RELEVANTES GENERALES DE LA MEDICIÓN

MEDICIÓN #	TIPO DE MEDICIÓN	VOLUMEN RECINTO EMISOR	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	ÁREA COMÚN DE LA MUESTRA	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN VO	RESULTADOS 16283-1 INCERTIDUMBRE					RESULTADOS 140-4 INCERTIDUMBRE					RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE					V.G. 16283-1 (FIJAS)		V.G. 16283-1 (BARRIDOS)				
						Dnt	C	Ctr	R'	C	Dnt	C	Ctr	R'	C	Dnt	C	Ctr	R'	C	Rf(Dnt)	Rf(R')	Rf(Dnt)	Rf(R')			
59	horizontal	58.28	25.36	6.72	bloque pintado	22.10	-0.02	0.95	21.30	-0.04	0.93	23.50	-1.41	-0.48	22.80	-1.36	-0.43	22.40	-0.02	0.83	21.60	-0.04	0.81	34.97	34.32	35.35	34.70



	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 INCERTIDUMBRE	22.10	21.30
RESULTADOS 140-4 INCERTIDUMBRE	23.50	22.80
DIFERENCIA DE RESULTADOS	1.40	1.50

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 INCERTIDUMBRE	22.10	21.30
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	22.40	21.60
DIFERENCIA DE RESULTADOS	0.30	0.30

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 INCERTIDUMBRE	22.10	21.30
V.G. 16283-1 (FIJAS)	34.97	34.32
DIFERENCIA DE RESULTADOS	12.87	13.02

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 INCERTIDUMBRE	22.10	21.30
V.G. 16283-1 (BARRIDOS)	35.35	34.70
DIFERENCIA DE RESULTADOS	13.25	13.40

	Dnt	R'
RESULTADOS 140-4 INCERTIDUMBRE	23.50	22.80
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	22.40	21.60
DIFERENCIA DE RESULTADOS	1.10	1.20

	Dnt	R'
RESULTADOS 140-4 INCERTIDUMBRE	23.50	22.80
V.G. 16283-1 (FIJAS)	34.97	34.32
DIFERENCIA DE RESULTADOS	11.47	11.52

	Dnt	R'
RESULTADOS 140-4 INCERTIDUMBRE	23.50	22.80
V.G. 16283-1 (BARRIDOS)	35.35	34.70
DIFERENCIA DE RESULTADOS	11.85	11.90

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	22.40	21.60
V.G. 16283-1 (FIJAS)	34.97	34.32
DIFERENCIA DE RESULTADOS	12.57	12.72

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	22.40	21.60
V.G. 16283-1 (BARRIDOS)	35.35	34.70
DIFERENCIA DE RESULTADOS	12.95	13.10

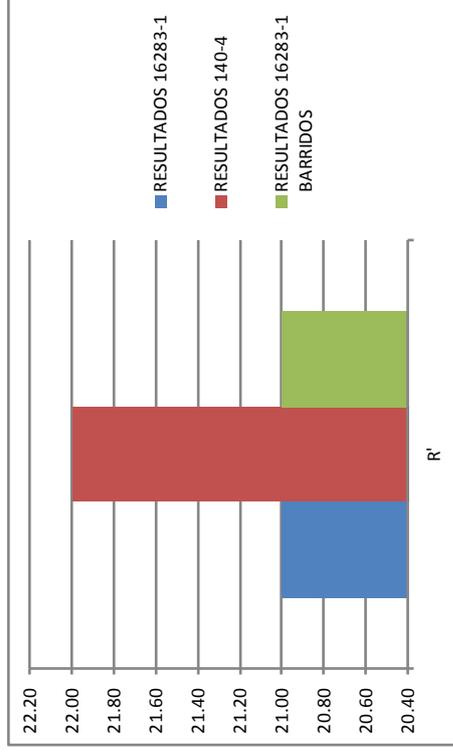
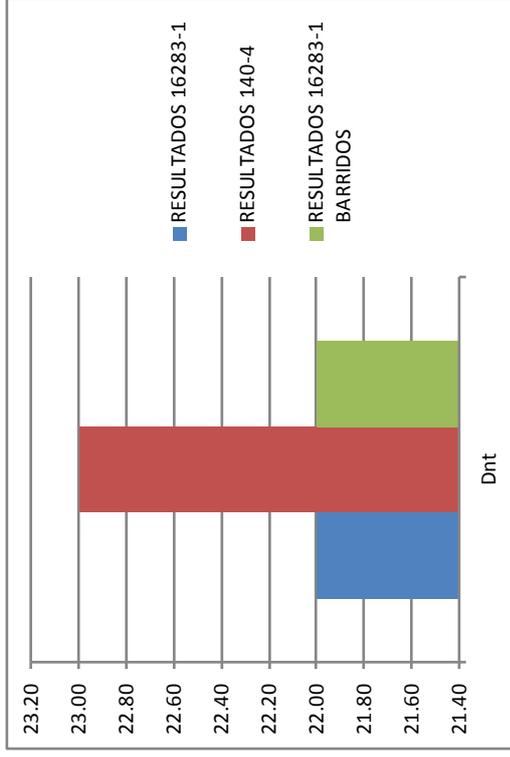
	Dnt	R'
V.G. 16283-1 (FIJAS)	34.97	34.32
V.G. 16283-1 (BARRIDOS)	35.35	34.70
DIFERENCIA DE RESULTADOS	0.38	0.38

RESULTADOS 16283-1					RESULTADOS 140-4					RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS							
Dnt	C	Ctr	R'	C	Dnt	C	Ctr	R'	C	Dnt	C	Ctr	R'	C	Ctr		
22.00	0.08	1.05	21.00	0.26	1.23	23.00	-0.91	0.02	22.00	-0.56	0.37	22.00	0.38	1.23	21.00	0.56	1.41

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1	22.00	21.00
RESULTADOS 140-4	23.00	22.00
DIFERENCIA DE RESULTADOS	1.00	1.00

	Dnt	R'
RESULTADOS 16283-1	22.00	21.00
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS	22.00	21.00
DIFERENCIA DE RESULTADOS	0.00	0.00

	Dnt	R'
RESULTADOS 140-4	23.00	22.00
RESULTADOS 16283-1 BARRIDOS	22.00	21.00
DIFERENCIA DE RESULTADOS	1.00	1.00



## CALCULO DE INCERTIDUMBRES 16283-1

### INCERTIDUMBRE DEL EQUIPAMIENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES

#### INCERTIDUMBRE DE LA INSTRUMENTACIÓN

$U_{sim} =$	1
$C_{sim} =$	1
$U_{equipo}$	1

#### INCERTIDUMBRE POR RESOLUCIÓN

Resolución	0.1
$U_{resol} [dB]$	0.028867513

#### INCERTIDUMBRE POR VERIFICACIÓN

Verificación/94	0.25
$U_{veriff} [dB]$	0.125066489
Inicio	94
Final	94.1
Promedio Verificación	94.05

#### INCERTIDUMBRE POR CALIBRACIÓN

Calibración	0.886956522
$U_{cal} [dB]$	0.443478261

#### INCERTIDUMBRE POR VARIACIÓN DE TEMPERATURA

$U_0$	0.015	Temperatura	Inicial	18.7
$T_c$	23		Final	19.5
$U_{Ts}$	0.033774991	Promedio Temperatura		19.1

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA MEDICIÓN**

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A MEDICIONES DE EMISIÓN**

Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
$U_{rep1}$	2.784	1.168	1.137	1.276	1.662	1.101	0.863	0.815	0.822	0.628	0.627	0.596	0.518	0.355	0.339	0.457	0.473	0.454	0.514	0.491	0.517
C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A MEDICIONES DE RECEPCIÓN**

Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
$U_{rep2}$	2.410	1.278	0.712	1.102	1.603	0.726	0.558	0.676	0.429	0.430	0.431	0.246	0.197	0.177	0.083	0.110	0.070	0.082	0.095	0.131	0.099
C21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADO A MEDICIONES POR RUIDO DE FONDO**

Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
$U_{repRF}$	0.106	0.075	0.100	0.102	0.093	0.058	0.070	0.055	0.085	0.069	0.060	0.061	0.060	0.063	0.073	0.085	0.067	0.067	0.066	0.069	0.054
C22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA T20**

Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
$U_{repT}$	0.183	0.201	0.195	0.159	0.180	0.191	0.181	0.159	0.118	0.093	0.074	0.079	0.073	0.070	0.064	0.053	0.045	0.039	0.032	0.027	0.023
CT	5.68	3.72	3.13	3.75	2.36	1.63	1.44	1.51	2.18	2.77	3.52	2.43	2.26	1.95	1.85	2.08	2.30	2.51	2.91	3.27	3.47

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA DnT**

Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
u	3.83	1.89	1.47	1.79	2.35	1.355	1.061	1.09	0.96	0.8	0.8	0.67	0.58	0.42	0.368	0.48	0.49	0.47	0.531	0.52	0.52

Factor de cobertura(k)	2
------------------------	---

$uD_{nT}$	1.03
u	1.51
U	3.02
$D_{nT,w}$	22.1

$D_{nT,w}$	22.1±3.0[dB]
------------	--------------

## CALCULO DE INCERTIDUMBRES 140-4

### INCERTIDUMBRE DEL EQUIPAMIENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES

#### INCERTIDUMBRE DE LA INSTRUMENTACIÓN

$U_{sim} =$	1
$C_{sim} =$	1
$U_{equipo}$	1

#### INCERTIDUMBRE POR RESOLUCIÓN

Resolución	0.1
$U_{resol} [dB]$	0.028867513

#### INCERTIDUMBRE POR RESOLUCIÓN

Verificación/94	0.25
$U_{ver.iff} [dB]$	0.125066489
Verificación	Inicio 94
	Final 94.1
Promedio Verificación	94.05

#### INCERTIDUMBRE POR CALIBRACIÓN

Calibración	0.886956522
$U_{cal} [dB]$	0.443478261

#### INCERTIDUMBRE POR VARIACIÓN DE TEMPERATURA

$U_{\theta}$	0.015	Temperatura	Inicial 18.7
$T_c$	23		Final 19.5
$t_{us}$	0.033774991	Promedio Temperatura	19.1

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA MEDICIÓN**

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A MEDICIONES DE EMISIÓN**

Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
$u_{rep1}$	1.299	1.496	1.073	0.838	0.795	0.790	0.631	0.638	0.609	0.492	0.379	0.363	0.452	0.431	0.427	0.514
C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA A MEDICIONES DE RECEPCIÓN**

Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
$u_{rep2}$	1.041	1.501	0.975	0.647	0.760	0.544	0.395	0.396	0.279	0.197	0.175	0.114	0.122	0.074	0.101	0.064
C21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADO A MEDICIONES POR RUIDO DE FONDO**

Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
$u_{repRF}$	0.087	0.089	0.056	0.059	0.066	0.083	0.081	0.070	0.053	0.065	0.068	0.067	0.061	0.055	0.050	0.052
C22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA T20**

Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
$u_{repT}$	0.159	0.180	0.191	0.181	0.159	0.118	0.093	0.074	0.079	0.073	0.070	0.064	0.053	0.045	0.039	0.032
CT	3.75	2.36	1.63	1.44	1.51	2.18	2.77	3.52	2.43	2.26	1.95	1.85	2.08	2.30	2.51	2.91

**INCERTIDUMBRE ASOCIADA DnT**

u	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
u	1.77	2.16	1.48	1.09	1.13	0.993	0.787	0.79	0.7	0.55	0.44	0.4	0.48	0.45	0.45	0.53

Confianza%	95
Factor de cobertura(k)	2

$u_{D_{nT}}$	0.94
u	1.45
U	2.9
$D_{nT,w}$	23.5

$D_{nT,w}$	$23.5 \pm 2.9$ [dB]
------------	---------------------

### **ANEXO 3**

**RESULTADOS TOTALES DE MEDICIÓN CON PARÁMETROS  $D_{nT,w}$  y  $R'_{,w}$**

MEDICION #	TIPO	VOLUMEN EMISOR	VOLUMEN RECEPTOR	AREA COMUN	MATERIAL CONSTRUCTIVO	16283-1 INCERTIDUMBRE	140-4 INCERTIDUMBRE	16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	V.G. 16283-1 (FIJAS)	V.G. 16283-1 (BARRIDOS)
						Dnt,w	Dnt,w	Dnt,w	Rf(Dnt,w)	Rf(Dnt,w)
1	horizontal	74.34	58.81	10.22	bloque	22.20	23.00	20.30	22.02	20.09
2	horizontal	138.63	132.04	20.15	gypsum-lana de vidrio-gypsum	41.70	45.40	42.20	39.38	39.62
3	horizontal	140.71	139.89	20.36	triplex-lana vidrio-triplex	26.90	28.00	26.70	26.58	26.25
4	horizontal	205.37	138.50	20.43	gypsum	50.10	50.80	50.60	48.88	49.44
5	horizontal	201.42	91.85	19.88	pre fabricado	29.00	30.20	28.40	28.36	27.90
6	horizontal	164.35	81.26	20.34	triplex laminado en perfiles metalico-lana de vidrio	27.00	28.30	27.40	26.31	26.67
7	horizontal	169.03	164.35	21.91	gypsum-lana de vidrio-gypsum	30.30	31.80	30.50	29.43	29.67
8	horizontal	131.64	131.26	18.97	triplex laminado-lana de vidrio-triplex	32.20	33.70	32.50	31.56	31.77
9	horizontal	104.25	61.99	11.68	gypsum vidrio aurali	46.60	47.60	47.30	49.31	49.47
10	horizontal	164.88	112.76	19.28	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.70	44.00	42.20	44.81	44.79
11	horizontal	164.88	112.69	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	45.00	46.80	45.30	43.51	43.40
12	horizontal	114.98	106.18	15.73	gypsum-lana de vidrio-gypsum	45.50	46.70	45.50	44.81	44.79
13	horizontal	114.98	113.84	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	43.00	46.00	43.10	41.47	41.19
14	horizontal	113.84	108.42	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	43.40	46.00	41.80	42.30	39.06
15	horizontal	142.00	139.54	20.49	gypsum-lana de vidrio-gypsum	31.70	32.90	31.90	31.05	31.18
16	horizontal	142.00	141.79	20.49	gypsum-lana de vidrio-gypsum	31.80	33.00	31.70	30.90	30.92
17	horizontal	149.90	73.76	21.63	gypsum-lana de vidrio-gypsum	27.60	28.90	27.10	27.03	26.48
18	horizontal	149.90	73.33	21.63	gypsum-lana de vidrio-gypsum	31.80	32.90	31.30	30.93	30.65
19	horizontal	101.08	101.58	19.00	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.20	44.20	42.80	39.63	40.86
20	horizontal	121.19	101.58	15.30	gypsum-lana de vidrio-gypsum	45.60	48.50	45.20	43.47	43.22
21	horizontal	150.01	121.19	19.08	gypsum-lana de vidrio-gypsum	45.10	46.70	44.90	42.49	42.88
22	horizontal	113.72	108.95	17.05	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.60	45.00	42.70	45.33	46.05
23	horizontal	119.21	115.94	16.65	gypsum-lana de vidrio-gypsum	48.00	49.90	47.60	45.33	46.05
24	horizontal	108.61	107.82	26.43	gypsum-lana de vidrio-gypsum	28.90	29.20	29.00	28.76	28.81
25	horizontal	60.71	60.58	13.86	pared bloque pintada	47.90	47.80	50.60	47.55	50.23
26	horizontal	60.97	58.87	13.14	pared bloque pintada	42.00	42.20	42.90	41.80	42.44
27	horizontal	52.06	26.51	12.69	pared bloque pintada	32.30	32.90	31.90	32.39	31.88
28	horizontal	80.42	60.96	12.24	pared bloque pintada	47.00	47.20	47.20	46.48	46.72
29	horizontal	56.33	32.40	11.62	pared bloque pintada	33.40	33.90	33.50	33.35	33.31
30	horizontal	42.64	41.05	9.31	pared bloque pintada	41.20	42.10	40.40	40.70	39.97
31	horizontal	177.59	165.77	31.94	bloque pintado	31.00	30.90	30.80	30.79	30.59
32	horizontal	184.25	165.77	31.88	bloque pintado	40.30	40.40	40.40	40.42	40.46
33	horizontal	184.25	167.80	31.88	bloque pintado	44.20	44.10	44.40	43.73	43.88
34	horizontal	167.80	163.01	31.88	bloque pintado	39.70	39.70	40.30	38.76	39.26
35	horizontal	171.50	163.01	31.88	bloque pintado	43.00	42.70	43.50	42.21	42.78
36	horizontal	171.50	170.87	31.88	bloque pintado	44.00	44.20	43.80	43.42	43.44
37	horizontal	171.82	170.87	31.88	bloque pintado	40.80	40.70	40.90	40.10	40.12
38	horizontal	171.82	170.87	31.88	bloque pintado	40.80	40.70	45.60	40.10	40.12
39	horizontal	183.57	177.21	31.82	bloque pintado	40.40	40.60	40.60	40.32	40.38
40	horizontal	54.84	45.76	8.69	modulo de tela-tablero pre fabricado-tela	40.90	41.90	41.10	39.42	39.92

MEDICION #	TIPO	VOLUMEN EMISOR	VOLUMEN RECEPTOR	AREA COMUN	MATERIAL CONSTRUCTIVO	16283-1 INCERTIDUMBRE	140-4 INCERTIDUMBRE	16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	V.G. 16283-1 (FIJAS)	V.G. 16283-1 (BARRIDOS)
						Dnt,w	Dnt,w	Dnt,w	Rf(Dnt,w)	Rf(Dnt,w)
41	horizontal	54.84	45.41	8.57	modulo de tela-tablero pre fabricado-tela	4180	42.70	42.20	40.64	40.81
42	horizontal	56.65	45.41	10.28	gypsum y paneles de tela	22.90	23.10	22.80	22.80	22.73
43	horizontal	115.24	59.32	11.78	bloque pintada	45.40	45.80	45.70	44.29	44.64
44	horizontal	110.80	41.69	15.50	bloque pintada	28.40	28.90	28.40	28.50	28.45
45	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	36.50	36.50	36.70	36.20	36.38
46	horizontal	41.70	41.69	15.50	bloque pintada	28.10	28.80	27.90	28.18	28.01
47	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	36.30	36.50	36.60	36.04	36.28
48	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	41.20	41.40	41.70	40.44	40.86
49	horizontal	110.80	41.69	15.50	bloque pintada	27.00	27.60	26.90	27.04	27.03
50	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	36.70	37.00	36.60	36.42	36.35
51	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	44.70	45.30	43.90	43.88	42.99
52	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	40.80	41.60	41.50	39.99	40.56
53	horizontal	156.21	102.85	23.23	bloque pintada-gypsum	44.60	45.10	44.90	43.88	44.16
54	horizontal	106.38	44.79	10.45	bloque pintada-gypsum	28.60	29.60	28.40	28.46	28.39
55	horizontal	106.38	28.78	7.70	bloque pintada-gypsum	27.60	28.80	26.20	27.57	26.27
56	horizontal	74.59	28.78	12.83	bloque pintada-gypsum	45.70	47.00	47.30	45.58	47.08
57	horizontal	103.53	27.48	7.72	bloque pintada-gypsum	23.20	24.10	21.70	23.20	21.73
58	vertical	58.28	33.31	14.36	losa de bloque pintada	52.40	52.50	53.40	51.98	53.18
59	horizontal	58.28	25.36	6.72	bloque pintada	22.10	23.50	22.40	22.06	22.37
60	horizontal	54.53	27.40	9.72	bloque pintada	43.80	44.00	44.40	42.32	43.73
61	horizontal	54.53	93.96	23.50	bloque pintada	52.90	53.00	52.10	52.56	52.02
62	horizontal	54.53	24.72	8.33	bloque pintada	21.10	22.60	21.50	20.89	21.24
63	horizontal	23.36	22.02	8.31	bloque pintada	47.00	47.60	47.20	46.59	46.84
64	vertical	93.96	93.96	40.50	losa de bloque pintada	51.70	51.30	51.20	51.30	51.06
65	vertical	93.96	54.53	22.68	losa de bloque pintada	55.50	55.90	53.40	55.13	52.73
66	vertical	72.69	72.69	21.66	losa bloque y hormigon pintado-gypsum	54.30	56.60	56.50	55.59	55.64
67	vertical	72.69	22.17	7.20	losa bloque y hormigon	56.40	56.60	55.20	55.59	54.46
68	vertical	73.21	24.07	10.02	losa bloque y hormigon	49.90	50.20	49.60	49.31	49.47
69	vertical	73.21	23.47	9.50	losa bloque y hormigon	51.30	52.40	47.60	50.81	46.17
70	horizontal	24.07	23.47	8.00	losa bloque y hormigon	42.00	41.50	44.30	41.59	43.26
71	vertical	58.80	32.70	15.00	losa bloque-parquet	49.70	50.20	51.70	49.27	51.20
72	vertical	44.13	44.13	19.10	losa bloque y gypsum	58.70	59.90	59.30	58.26	58.99
73	vertical	44.13	44.13	19.10	losa bloque y gypsum	58.40	59.70	54.80	58.30	54.21
74	horizontal	45.66	20.48	6.87	bloque pintado	36.00	36.20	36.00	35.31	35.43
75	vertical	42.52	42.52	17.71	losa bloque y gypsum	53.60	54.30	50.80	53.06	50.40
76	vertical	42.53	42.51	17.71	losa bloque y gypsum	55.10	56.00	54.80	54.88	54.46
77	horizontal	42.53	20.77	6.55	bloque pintado	32.70	33.00	32.70	32.05	32.23
78	horizontal	45.23	23.44	7.08	bloque pintado	33.70	33.80	33.60	33.19	33.19
79	horizontal	42.52	23.40	7.08	bloque pintado	36.30	36.70	36.40	35.55	35.72
80	horizontal	45.23	23.43	6.46	bloque pintado	36.10	36.70	36.70	35.58	35.93
81	horizontal	77.70	23.44	15.17	bloque pintado	20.50	21.20	20.50	20.70	20.59
82	horizontal	45.23	23.44	6.46	bloque pintado	21.70	22.40	21.90	21.67	21.90
83	horizontal	45.25	23.45	6.46	bloque pintado	36.00	36.30	36.30	34.97	35.35

MEDICION #	TIPO	VOLUMEN EMISOR	VOLUMEN RECEPTOR	AREA COMUN	MATERIAL CONSTRUCTIVO	16283-1 INCERTIDUMBRE	140-4 INCERTIDUMBRE	16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	V.G. 16283-1 (FIJAS)	V.G. 16283-1 (BARRIDOS)
						R',w	R',w	R',w	Rf(R',w)	Rf(R',w)
1	horizontal	74.34	58.81	10.22	bloque	19.60	20.40	17.60	19.37	17.43
2	horizontal	138.63	132.04	20.15	gypsum-lana de vidrio-gypsum	38.50	42.10	39.00	36.16	36.40
3	horizontal	140.71	139.89	20.36	triplex-lana vidrio-triplex	23.50	24.00	23.30	23.16	22.83
4	horizontal	205.37	138.50	20.43	gypsum	46.80	47.40	47.20	45.52	46.08
5	horizontal	201.42	91.85	19.88	pre fabricado	27.30	28.50	26.70	26.66	26.20
6	horizontal	164.35	81.26	20.34	triplex laminado en perfiles metalico-lana de vidrio	26.00	27.20	26.40	25.24	25.60
7	horizontal	169.03	164.35	21.91	gypsum-lana de vidrio-gypsum	26.50	28.00	26.70	25.63	25.87
8	horizontal	131.64	131.26	18.97	triplex laminado-lana de vidrio-triplex	28.70	30.30	29.00	28.10	28.31
9	horizontal	104.25	61.99	11.68	gypsum vidrio aurali	44.30	45.30	45.00	50.46	50.61
10	horizontal	164.88	112.76	19.28	gypsum-lana de vidrio-gypsum	40.00	41.30	39.40	41.47	41.45
11	horizontal	164.88	112.69	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.20	44.10	42.50	40.75	40.64
12	horizontal	114.98	106.18	15.73	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.10	43.40	42.20	41.47	41.45
13	horizontal	114.98	113.84	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	40.20	43.20	40.30	38.67	38.39
14	horizontal	113.84	108.42	19.10	gypsum-lana de vidrio-gypsum	40.80	43.50	39.20	39.71	36.47
15	horizontal	142.00	139.54	20.49	gypsum-lana de vidrio-gypsum	28.30	29.50	28.50	27.67	27.80
16	horizontal	142.00	141.79	20.49	gypsum-lana de vidrio-gypsum	28.30	29.50	28.30	27.45	27.47
17	horizontal	149.90	73.76	21.63	gypsum-lana de vidrio-gypsum	24.30	25.50	26.70	26.65	26.11
18	horizontal	149.90	73.33	21.63	gypsum-lana de vidrio-gypsum	31.40	32.50	31.00	30.58	30.29
19	horizontal	101.08	110.58	19.00	gypsum-lana de vidrio-gypsum	39.50	41.50	40.10	36.93	38.16
20	horizontal	121.19	110.58	15.30	gypsum-lana de vidrio-gypsum	41.90	44.80	41.50	39.83	39.57
21	horizontal	150.01	121.19	19.08	gypsum-lana de vidrio-gypsum	42.00	43.60	41.80	39.41	39.80
22	horizontal	113.72	108.95	17.05	gypsum-lana de vidrio-gypsum	39.50	41.80	39.60	41.85	42.58
23	horizontal	119.21	115.94	16.65	gypsum-lana de vidrio-gypsum	44.80	46.80	44.20	41.85	42.58
24	horizontal	108.61	107.82	26.43	gypsum-lana de vidrio-gypsum	27.80	28.00	27.90	27.60	27.65
25	horizontal	60.71	60.58	13.86	pared bloque pintada	46.40	45.80	49.10	46.09	48.78
26	horizontal	60.97	58.87	13.14	pared bloque pintada	40.30	40.20	41.30	40.23	40.88
27	horizontal	52.06	26.51	12.69	pared bloque pintada	34.10	34.60	33.70	34.14	33.63
28	horizontal	80.42	60.96	12.24	pared bloque pintada	48.60	49.00	45.20	44.45	44.70
29	horizontal	56.33	32.40	11.62	pared bloque pintada	32.90	32.50	34.00	33.85	33.80
30	horizontal	42.64	41.05	9.31	pared bloque pintada	39.70	40.60	38.90	39.20	38.47
31	horizontal	177.59	165.77	31.94	bloque pintado	28.80	28.70	28.60	28.59	28.39
32	horizontal	184.25	165.77	31.88	bloque pintado	38.10	38.40	38.20	38.20	38.25
33	horizontal	184.25	167.80	31.88	bloque pintado	42.20	42.10	42.40	41.73	41.88
34	horizontal	167.80	153.01	31.88	bloque pintado	43.50	40.30	38.40	36.90	37.40
35	horizontal	171.50	153.01	31.88	bloque pintado	41.10	40.80	41.60	40.34	40.91
36	horizontal	171.50	170.87	31.88	bloque pintado	41.70	41.90	41.50	41.07	40.80
37	horizontal	171.82	170.87	31.88	bloque pintado	38.50	38.30	38.60	37.76	37.78
38	horizontal	171.82	170.87	31.88	bloque pintado	38.50	38.30	43.30	37.76	37.78
39	horizontal	183.57	177.21	31.82	bloque pintado	37.90	38.10	38.10	37.81	37.87
40	horizontal	54.84	45.76	8.69	modulo de tela-tablero pre fabricado-tela	38.60	39.60	38.80	37.15	37.65

MEDICION #	TIPO	VOLUMEN EMISOR	VOLUMEN RECEPTOR	AREA COMUN	MATERIAL CONSTRUCTIVO	16283-1 INCERTIDUMBRE	140-4 INCERTIDUMBRE	16283-1 BARRIDOS INCERTIDUMBRE	V.G. 16283-1 (FIJAS)	V.G. 16283-1 (BARRIDOS)
						R',w	R',w	R',w	Rf(R',w)	Rf(R',w)
41	horizontal	54.84	45.41	8.57	modulo de tela-tablero pre fabricado-tela	39.50	40.40	39.90	38.34	38.51
42	horizontal	56.65	45.41	10.28	gypsum y paneles de tela	2140	2160	2130	2130	2123
43	horizontal	115.24	59.32	11.78	bloque pintada	44.80	46.50	43.70	42.22	42.57
44	horizontal	110.80	41.69	15.50	bloque pintada	29.10	29.50	29.00	29.15	29.10
45	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	34.80	36.00	36.50	36.05	36.23
46	horizontal	41.70	41.69	15.50	bloque pintada	28.80	29.40	28.50	28.83	28.66
47	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	36.20	36.40	36.40	35.89	36.13
48	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	41.90	42.10	42.30	41.13	41.55
49	horizontal	110.80	41.69	15.50	bloque pintada	25.20	27.20	27.60	27.69	27.68
50	horizontal	41.87	29.43	9.10	bloque pintada	32.60	36.70	36.50	36.27	36.21
51	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	40.80	45.00	44.60	44.57	43.68
52	horizontal	41.06	25.50	9.57	bloque pintada	41.50	42.30	42.10	40.68	41.25
53	horizontal	156.21	102.85	23.23	bloque pintada-gypsum	43.10	43.50	43.40	42.37	42.64
54	horizontal	106.38	44.79	10.45	bloque pintada-gypsum	27.20	28.30	27.00	27.09	27.01
55	horizontal	106.38	28.78	7.70	bloque pintada-gypsum	26.80	28.00	25.40	26.79	25.49
56	horizontal	74.59	28.78	12.83	bloque pintada-gypsum	47.20	48.40	48.70	47.02	48.52
57	horizontal	103.53	27.48	7.72	bloque pintada-gypsum	22.60	23.50	21.10	22.63	21.17
58	vertical	58.28	33.31	14.36	losa de bloque pintada	53.70	53.80	54.70	53.28	54.48
59	horizontal	58.28	25.36	6.72	bloque pintada	21.30	22.80	21.60	21.24	21.55
60	horizontal	54.53	27.40	9.72	bloque pintada	44.30	44.50	44.80	42.77	44.18
61	horizontal	54.53	93.96	23.50	bloque pintada	51.90	52.00	51.00	51.49	50.95
62	horizontal	54.53	24.72	8.33	bloque pintada	21.30	22.80	21.80	21.11	21.46
63	horizontal	23.36	22.02	8.31	bloque pintada	47.70	47.80	47.90	47.31	47.56
64	vertical	93.96	93.96	40.50	losa de bloque pintada	53.00	52.60	52.50	52.60	52.36
65	vertical	93.96	54.53	22.68	losa de bloque pintada	56.60	57.10	54.50	56.26	53.86
66	vertical	72.69	72.69	21.66	losa bloque y hormigon pintado-gypsum	53.90	57.30	56.20	55.28	55.33
67	vertical	72.69	22.17	7.20	losa bloque y hormigon	56.50	56.60	55.20	55.65	54.53
68	vertical	73.21	24.07	10.02	losa bloque y hormigon	51.10	55.30	50.70	50.46	50.61
69	vertical	73.21	23.47	9.50	losa bloque y hormigon	52.30	53.40	48.60	51.83	47.19
70	horizontal	24.07	23.47	8.00	losa bloque y hormigon	42.30	44.50	44.50	41.86	43.53
71	vertical	58.80	32.70	15.00	losa bloque-parquet	51.20	51.70	53.30	50.84	52.76
72	vertical	44.13	44.13	19.10	losa bloque y gypsum	60.00	61.20	60.70	59.57	60.30
73	vertical	44.13	44.13	19.10	losa bloque y gypsum	59.80	61.00	56.10	59.61	55.52
74	horizontal	45.66	20.48	6.87	bloque pintado	36.20	36.40	36.20	35.52	35.64
75	vertical	42.52	42.52	17.71	losa bloque y gypsum	54.80	55.50	52.00	54.21	51.54
76	vertical	42.53	42.51	17.71	losa bloque y gypsum	59.40	56.00	55.90	56.03	55.61
77	horizontal	42.53	20.77	6.55	bloque pintado	32.60	33.00	32.70	31.99	32.17
78	horizontal	45.23	23.44	7.08	bloque pintado	33.40	33.60	33.40	32.94	32.94
79	horizontal	42.52	23.40	7.08	bloque pintado	36.00	36.50	36.20	35.31	35.48
80	horizontal	45.23	23.43	6.46	bloque pintado	35.40	36.10	36.10	34.94	35.28
81	horizontal	77.70	23.44	15.17	bloque pintado	23.60	24.30	23.50	23.76	23.65
82	horizontal	45.23	23.44	6.46	bloque pintado	21.10	21.70	21.20	21.02	21.25
83	horizontal	45.25	23.45	6.46	bloque pintado	35.30	35.70	35.70	34.32	34.70

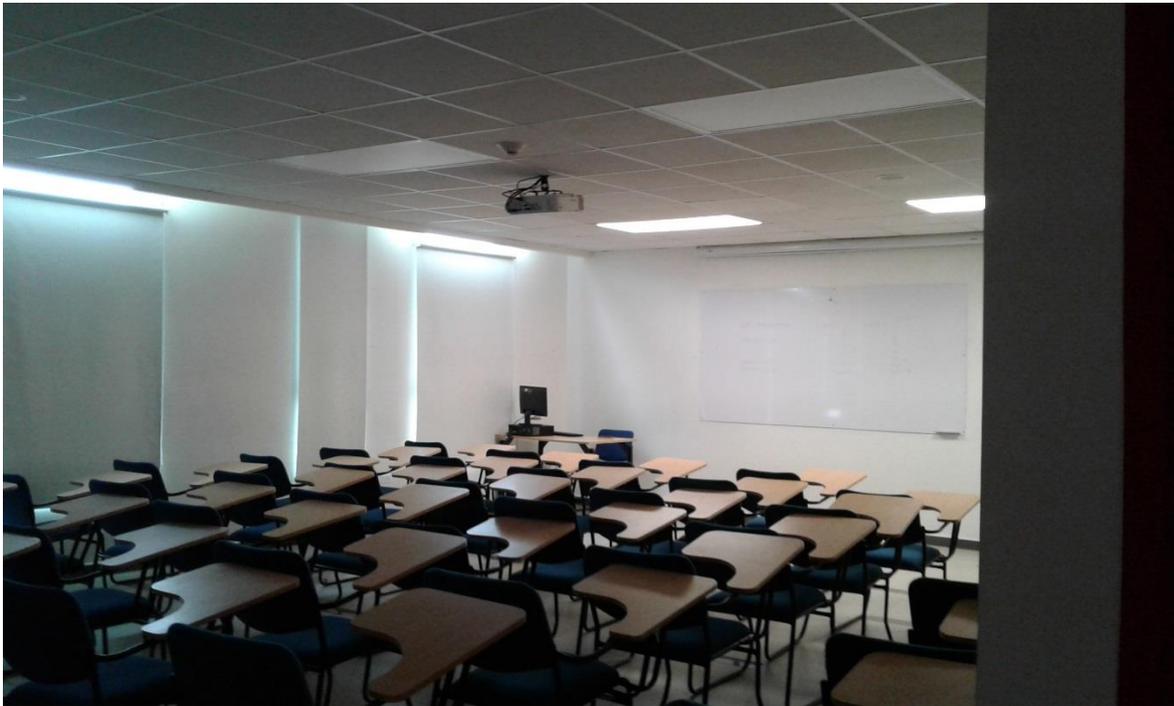
**ANEXO 4**  
**Requisitos acústicos**

## Requisitos acústicos para ruido aéreo entre viviendas en 24 países europeos

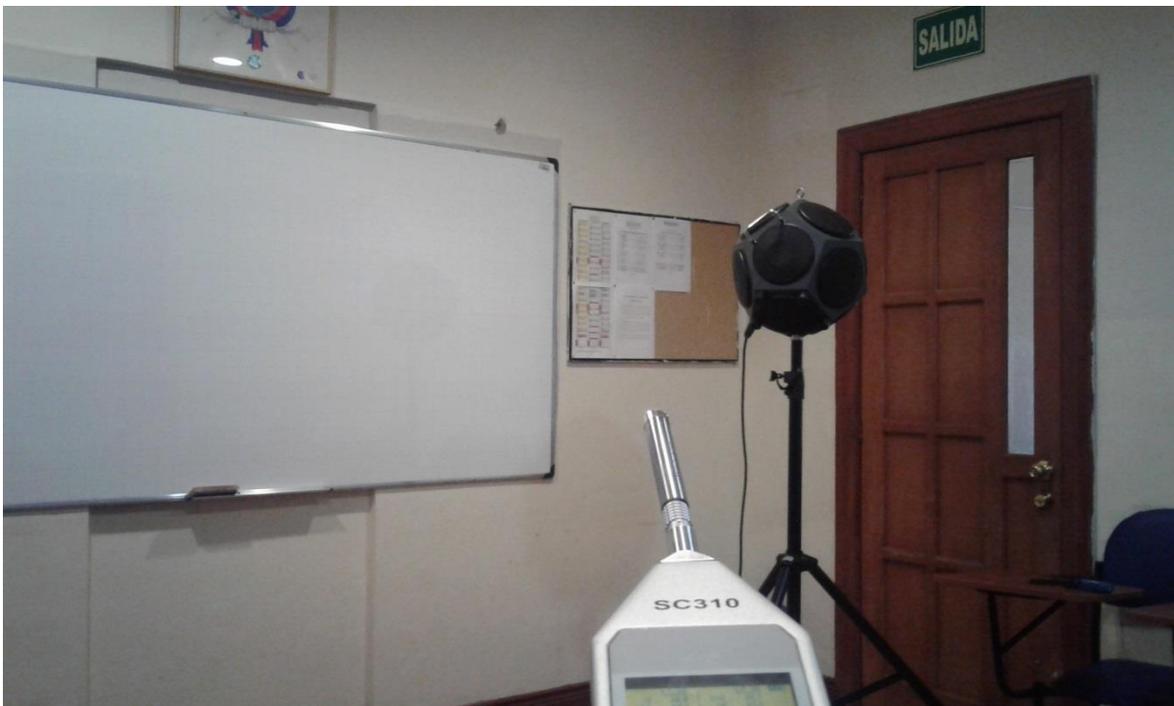
País	Descriptor	Viviendas en bloque	Viviendas adosadas
Austria	$D_{nT,w}$	$\geq 55$	$\geq 60$
Bélgica	$D_{nT,w}$	$\geq 54$	$\geq 58$
República Checa	$R'_{w}$	$\geq 52$	$\geq 57$
Dinamarca	$R'_{w}$	$\geq 55$	$\geq 55$
Estonia	$R'_{w}$	$\geq 55$	$\geq 55$
Finlandia	$R'_{w}$	$\geq 55$	$\geq 55$
Francia	$D_{nT,w} + C$	$\geq 53$	$\geq 53$
Alemania	$R'_{w}$	$\geq 53^1$	$\geq 57$
Hungría	$R'_{w}+C$	$\geq 51$	$\geq 56$
Islandia	$R'_{w}^2$	$\geq 52^3$	$\geq 55$
Irlanda	$D_{nT,w}$	$\geq 53^4$	$\geq 53$
Italia	$R'_{w}$	$\geq 50$	$\geq 50$
Letonia	$R'_{w}$	$\geq 54$	$\geq 54$
Lituania	$D_{nT,w}$ o $R'_{w}$	$\geq 55$	$\geq 55$
Holanda	$I_{w,K}^5$	$\geq 0$	$\geq 0$
Noruega	$R'_{w}^6$	$\geq 55^6$	$\geq 55^6$
Polonia	$R'_{w}+C$	$\geq 50^7$	$\geq 52^7$
Portugal	$D_{n,w}$	$\geq 50$	$\geq 50$
Eslovaquia	$R'_{w}$	$\geq 52$	$\geq 52$
Eslovenia	$R'_{w}$	$\geq 52$	$\geq 52$
España	$D_{nTA} \approx D_{nT,w} + C_{100-5000}$	$\geq 50$	$\geq 50$
Suecia	$R'_{w}+C_{50-3150}$	$\geq 53$	$\geq 53$
Suiza	$D_{nT,w}+C$	$\geq 52^8$	$\geq 55$
Reino Unido <sup>9</sup>	$D_{nT,w}+C_{tr}$	$\geq 45$	$\geq 45$

Tabla tomada del proyecto de fin de master Mariano Francisco Álvarez Santos, Valores únicos de aislamiento acústico.

**ANEXO 5**  
**Registro Fotografico**



Universidad de las Américas sede UDLA Park



Departamento de idiomas ESPE



Centro de Educación Continua Universidad Politécnica Nacional



Centro de Educación Continua Universidad Politécnica Nacional Sede Araucaria



Departamentos sector Parque Metropolitano



Departamentos sector Parque Metropolitano



Departamentos sector Parque Metropolitano



Departamentos sector Bellavista



Departamentos sector Bellavista



Zona Residencial Sector Nayón



Zona Residencial Sector Nayón



Departamentos sector El Batán



Departamentos sector El Batán

