



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**“GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE
AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PAREDES DE BLOQUE HUECO DE
HORMIGÓN USANDO ASERRÍN PULVERIZADO”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de
Tecnólogo en Construcciones y Domótica

Profesor Guía:

Ing. André Hernández

Autor:

Idrobo Valarezo Marco Antonio

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PAREDES DE BLOQUE HUECO DE HORMIGÓN USANDO ASERRÍN PULVERIZADO, a través de reuniones periódicas con el estudiante Idrobo Valarezo Marco Antonio, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan el Trabajo de Titulación”

Ing. André Hernández

C.C 171658974-0

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PAREDES DE BLOQUE HUECO DE HORMIGÓN USANDO ASERRÍN PULVERIZADO, de Idrobo Valarezo Marco Antonio, en el semestre 2018, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ing. Jorge Álava
C.C. 1706348107-3

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mí autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en la ejecución se representaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Idrobo Valarezo Marco Antonio

C.C 170800148-0

AGRADECIMIENTOS

*A los profesores que impartieron
sus conocimientos para formar
profesionales de excelencia.*

Idrobo Valarezo Marco Antonio

DEDICATORIA

A mi padre por su presencia en mi vida quien es el mayor símbolo de trabajo, honestidad y amor, que con su ejemplo me ha guiado y permitido alcanzar un nuevo objetivo.

Idrobo Valarezo Marco Antonio

RESUMEN

El ruido es una emisión acústica molesta y dañina para la salud cuyos efectos pueden causar daños auditivos. En la actualidad los materiales usados como reductores de ruido son: placas de yeso, esponjas, lana de vidrio, lana de roca y paredes dobles. Por otro lado, se encuentra también la popularidad de los bloques huecos de hormigón prensado como aislante acústico. Por ello, pensando en mejorar la efectividad como aislante de estos se propone una guía de construcción para fortalecer el aislamiento acústico en viviendas con paredes de bloque hueco de hormigón mediante la introducción manual de aserrín pulverizado en las cavidades del bloque. Utilizando un diseño experimental, con un alcance exploratorio bajo una modalidad de campo y un método inductivo. Concluyendo que el aserrín pulverizado introducido en los huecos del bloque de hormigón son una efectiva alternativa para el aislamiento acústico.

PALABRAS CLAVES: Aislamiento Acústico, Bloques Huecos De Hormigón, Ruido, Aserrín Pulverizado.

ABSTRACT

Noise is an annoying and harmful health emission whose effects can cause hearing damage. At present the materials used as noise reducers are: gypsum boards, sponges, glass wool, rock wool and double walls. On the other hand, there is also the popularity of hollow blocks of pressed concrete as acoustic insulation. Therefore, thinking about improving the effectiveness as insulation of these is proposed a construction guide to strengthen the acoustic insulation in homes with concrete hollow block walls through the manual introduction of powdered sawdust in the cavities of the block. Using an experimental design, with an exploratory scope under a field modality and an inductive method. Concluding that the pulverized sawdust introduced in the hollows of the concrete block are an effective alternative for acoustic insulation.

KEY WORDS: Acoustic Insulation, Hollow Concrete Blocks, Noise, Sprayed Spray.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.1.1. Objetivos específicos	6
1.4. Alcance	7
1.5. Justificación del proyecto.....	7
1.5.1. Justificación Teórica.....	7
1.5.2. Justificación Práctica.....	8
1.5.3. Justificación Metodológica	9
1.5.3.1. Método descriptivo	9
1.5.3.2. Método Inductivo.....	9
1.5.3.3. Método Deductivo	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Sonido	11
2.1.1. Propiedades del sonido.....	11
2.1.1.1. Amplitud.....	11
2.1.1.2. Frecuencia	12
2.1.1.3. Longitud de onda	13
2.1.1.4. Timbre.....	13
2.1.1.5. Velocidad	13
2.1.2. Espectro audible	15
2.1.2.1. Rango de frecuencias	15
2.1.3. Características físicas del sonido	16
2.1.4. Generación y propagación del sonido	18
2.1.5. Transmisión del sonido en el aire.....	18

2.1.6.	Transmisión del sonido a través de las estructuras	19
2.1.7.	Medición y cálculo de los niveles de sonidos	20
2.1.7.1.	dB (Decibelio)	20
2.1.7.2.	dB(A) (Decibelio ponderado).....	20
2.1.7.3.	SPL (Sound Pressure Level).....	21
2.2.	Ruido	21
2.2.1.	Tipos de ruido de acuerdo a la forma de transmisión.....	22
2.2.1.1.	Ruido aéreo	22
2.2.1.2.	Ruido impacto	22
2.2.2.	Tipos de ruido por caracterización en frecuencia.....	22
2.2.2.1.	Ruido tonal.....	22
2.2.2.2.	Ruido rosa.....	23
2.2.2.3.	Ruido blanco	24
2.2.3.	Tipos de ruido por caracterización temporal	24
2.2.3.1.	Continuos.....	24
2.2.3.2.	Intermitentes	25
2.2.3.3.	Variable.....	25
2.2.3.4.	Impacto o impulsos	25
2.2.4.	Efectos del ruido en la salud	26
2.2.5.	Control del ruido	27
2.2.5.1.	Reducción del ruido en la fuente.....	27
2.2.5.2.	Control del ruido en el medio transmisor.....	28
2.2.5.3.	Empleo de medidas protectoras contra el ruido por parte del receptor	28
2.3.	Absorción acústica	29
2.4.	Aislación	29
2.4.1.	Aislamiento acústico.....	30
2.4.2.	Tipos de aislamientos acústicos.....	30
2.4.2.1.	Lana mineral	31
2.4.2.2.	Lanas de fibra de vidrio.....	31
2.4.2.3.	Materiales antivibratorios	31
2.4.3.	Factores que intervienen en el aislamiento acústico	32

2.4.3.1.	Factor de masa	32
2.4.3.2.	Factor de multicapas.....	32
2.4.3.3.	Factor de disipación	33
2.4.4.	Niveles sonoros admisibles en el Distrito Metropolitano de Quito.....	33
2.4.4.1.	Emisión de ruidos de fuentes fijas	33
2.4.4.2.	Emisión de ruidos de fuentes móviles.....	34
2.5.	Aserrín.....	35
2.5.1.	Aserrín usado como aislante acústico.....	36
2.6.	Bloques de hormigón.....	36
2.6.1.	Tipos y formatos de piezas	36
2.6.1.1.	Según presencia de armaduras de refuerzo	37
2.6.1.2.	Según la densidad aparente	37
2.6.1.3.	Hormigones con materiales especiales	37
2.6.1.4.	Hormigones con tecnologías especiales.....	37
2.6.2.	Características técnicas	40
2.6.3.	Aplicaciones	40
3.	METODOLOGÍA	42
3.1.	Diseño de la investigación.....	42
3.2.	Alcance de la investigación.....	42
3.3.	Modalidad de la investigación	42
3.4.	Método de la investigación.....	42
3.5.	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.5.1.	Técnicas.....	43
3.5.2.	Instrumentos	43
3.6.	Variables.....	43
3.7.	Normativa	44
3.8.	Materiales.....	47
3.9.	Procedimiento	49
3.9.1.	Mediciones fuera de área de prueba 1 con aislamiento y 2 sin aislamiento a 5 m. de distancia de fuentes móviles.	54

3.9.2. Mediciones en interior de área de prueba 2 sin aislamiento a 5m. de fuentes móviles	59
3.9.3. Mediciones en interior de área de prueba 1 con aislamiento a 5 m. de fuentes móviles	64
3.9.4. Mediciones de ruido emitido por fuente fija ubicada a 1 m. de distancia fuera de áreas de prueba 1 con aislamiento y 2 sin aislamiento (motor de combustión interna 4 tiempos de podadora encendido al máximo)	70
3.9.5. Mediciones en interior del área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija ubicada a 1 m. De distancia (2 laterales, 1 frontal)	72
3.9.6. Mediciones en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal)	75
3.10. Presupuesto y Análisis de precios unitarios.....	78
4. RESULTADOS.....	80
4.1. Semana de mediciones en decibeles (dB) tomadas fuera de áreas de prueba con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 m. de distancia, clasificadas por día y hora.	80
4.2. Semana de mediciones en decibeles (dBA) tomadas en interior de área de prueba 2 (sin aislamiento) con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m de distancia, clasificadas por día y hora.	82
4.3. Reducción del ruido en el área de prueba 2 (sin aislamiento) en decibeles (dBA) con ruido emitido por fuentes móviles, clasificado por hora del día.....	83
4.4. Ruido en decibeles (dBA) por frecuencia MHz emitido por fuente fija (motor 4 tiempos de podadora), ubicada a 1m de distancia de cada área de prueba.	84
4.5. Promedio de mediciones en decibeles dBA por frecuencia	

MHz tomadas en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y con ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).....	86
4.6. Mediciones promedio en dBA por frecuencia MHz en interior del área de prueba 1 (con aislamiento) con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).....	88
4.7. Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en el área 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.....	90
4.8. Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en área 1 con aislamiento y con ruido emitido por la fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.....	92
4.9. Diferencia en la reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con aislamiento, con ruido emitido por fuente fija.....	94
4.10. Semana de mediciones en decibeles (dBA) en el interior del área de prueba 1 con aislamiento y con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m de distancia, clasificadas por día y hora.	96
4.11. Reducción del ruido en dBA en área de prueba 1 (con aislamiento) con emisión de ruido de fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, por hora del día.....	98
4.12. Diferencia en la reducción de ruido en dBA entre el área de prueba 2 sin aislamiento y el área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles, por hora del día.	99
4.13. Análisis de los resultados	101
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104

5.1. Conclusiones	104
5.2. Recomendaciones.....	106
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol del Problema.....	5
Figura 2	Amplitud	12
Figura 3	Frecuencia	12
Figura 4	Longitud de onda	13
Figura 5	Espectro audible	15
Figura 6	Rango de frecuencia del espectro audible	16
Figura 7	Características físicas del sonido.....	17
Figura 8	Ruido tonal.....	23
Figura 9	Espectro de ruido rosa	23
Figura 10	Ruido Blanco.....	24
Figura 11	Bloque hueco (con distintos tipos de acabado superficial).....	38
Figura 12	Bloque multicámara.....	38
Figura 13	Ladrillo de hormigón.....	39
Figura 14	Piezas para muros de contención	39
Figura 15	Piezas especiales.....	39
Figura 16	Bloques de encofrado	39
Figura 17	Especificaciones Técnicas del Bloque.	45
Figura 18	Bloque hueco de hormigón tipo D.	47
Figura 19	Bloque hueco de hormigón: 20 altura x 40 longitud x 15 de ancho.	48
Figura 20	Bloque hueco de hormigón tipo D de 13Kg.....	48
Figura 21	Pesaje del aserrín pulverizado	50
Figura 22	Introducción inicial del aserrín pulverizado en el bloque.	50
Figura 23	Introducción media de aserrín pulverizado en orificio de bloque.....	51
Figura 24	Introducción final del aserrín pulverizado dentro de orificio del bloque.....	51
Figura 25	Saco lleno de aserrín pulverizado	51
Figura 26	Saco con 11 Kg. de aserrín pulverizado.....	52
Figura 27	Almacenaje de aserrín pulverizado	52
Figura 28	Lecturas tomadas lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	54

Figura 29 Lecturas tomadas lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	55
Figura 30 Lecturas tomadas lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	55
Figura 31 Lecturas tomadas martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	55
Figura 32 Lecturas tomadas martes: 11h00, 12h00, 13h00, 14h00	56
Figura 33 Lecturas tomadas martes 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	56
Figura 34 Lecturas tomadas miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	56
Figura 35 Lecturas tomadas miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	57
Figura 36 Lecturas tomadas miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	57
Figura 37 Lecturas tomadas jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	57
Figura 38 Lecturas tomadas jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	58
Figura 39 Lecturas tomadas jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	58
Figura 40 Lecturas tomadas viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	58
Figura 41 Lecturas tomadas viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	59
Figura 42 Lecturas tomadas viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	59
Figura 43 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	59
Figura 44 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	60
Figura 45 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	60
Figura 46 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	60
Figura 47 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	61
Figura 48 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	61
Figura 49 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	61
Figura 50 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	62
Figura 51 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	62

Figura 52 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	62
Figura 53 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	63
Figura 54 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	63
Figura 55 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00	63
Figura 56 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00	64
Figura 57 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00	64
Figura 58 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	64
Figura 59 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	65
Figura 60 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	65
Figura 61 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	65
Figura 62 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	66
Figura 63 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	66
Figura 64 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	66
Figura 65 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	67
Figura 66 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	67
Figura 67 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	67

Figura 68 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	68
Figura 69 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	68
Figura 70 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00.....	68
Figura 71 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.....	69
Figura 72 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00.....	69
Figura 73 Medición emitida por fuente fija ubicación 1m. fuera de área 1 con aislamiento.	70
Figura 74 Medición emitida por fuente fija ubicación 1m. fuera de área 2 sin aislamiento.....	71
Figura 75 Medición dentro área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación lateral 1	72
Figura 76 Medición dentro área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación lateral 2	73
Figura 77 Medición dentro de área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación frontal.....	74
Figura 78 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación lateral 1	75
Figura 79 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación lateral 2.....	76
Figura 80 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación frontal.....	77
Figura 81 Semana de mediciones en dBA tomadas fuera de áreas de prueba con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 metros de distancia, clasificadas por día y hora.....	80
Figura 82 Semana de mediciones tomadas en interior de área de prueba 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 metros de distancia, clasificadas por día y hora.	82

Figura 83 Reducción de ruido en el área de prueba 2 (sin aislamiento) en dBA con ruido emitido por fuentes móviles, clasificado por hora del día.....	83
Figura 84 Ruido en decibeles (dBA) por frecuencia MHz emitido por fuente fija (motor 4 tiempos de podadora), ubicada a 1m de distancia de cada área de prueba.	84
Figura 85 Ruido en (dBA) emitido por la fuente fija (motor 4 tiempos podadora)	85
Figura 86 Promedio de mediciones en decibeles dBA por frecuencia MHz tomadas en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y con ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).	86
Figura 87 Medida promedio en (dBA) en interior del área 2 sin aislamiento con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.	87
Figura 88 Mediciones promedio en dBA por frecuencia MHz en interior del área de prueba 1 (con aislamiento) con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).....	88
Figura 89 Medida promedio en dBA tomada en el interior del área 1 con aislamiento y ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m de distancia.	89
Figura 90 Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en el área 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.....	90
Figura 91 Reducción del ruido en dBA en área 2 sin aislamiento con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.	91
Figura 92 Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en área 1 con aislamiento y con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.	92
Figura 93 Reducción del ruido en (dBA) en área 1 con aislamiento y ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.	93
Figura 94 Diferencia en la reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con	

aislamiento, con ruido emitido por fuente fija.	94
Figura 95 Diferencia de reducción ruido en dBA entre el área 1 con aislamiento y el área 2 sin aislamiento, con ruido emitido por la fuente fija.	95
Figura 96 Semana de mediciones en decibeles (dBA) en el interior del área de prueba 1 con aislamiento y con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, clasificadas por día y hora.	96
Figura 97 Reducción del ruido en dBA en área de prueba 1 (con aislamiento) con emisión de ruido de fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, por hora del día.	98
Figura 98 Diferencia en la reducción de ruido en dBA entre el área de prueba 2 sin aislamiento y el área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles, por hora del día.	99
Figura 99 Diferencia de reducción del ruido en dBA entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles.	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidad de propagación del sonido en distintos materiales	14
Tabla 2 Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas.....	34
Tabla 3 Niveles permitidos de ruido para automotores	35
Tabla 4 Especificaciones técnicas del hormigón	40
Tabla 5 Clasificación de los bloques, de acuerdo a la aplicación.....	44
Tabla 6 Clasificación de los bloques, de acuerdo a la densidad.	45
Tabla 7 Dimensiones de los bloques.....	45
Tabla 8 Resistencia a la compresión, en bloques no soportantes.....	46
Tabla 9 Resistencia a la compresión, en bloques soportantes	46
Tabla 10 Ordenanza Metropolitana N° 0123 de 2004	46
Tabla 11 Materiales por provincia.	48
Tabla 12 Presupuesto utilizado en el aislamiento acústico con aserrín pulverizado.....	78
Tabla 13 Análisis de Precios Unitarios	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Proceso de selección y limpieza del terreno	113
Anexo 2 Plano de la estructura	114
Anexo 3 Proceso de construcción de la estructura	115
Anexo 4 Mediciones de ruido	126
Anexo 5 Registro de Mediciones.....	127

INTRODUCCIÓN

Uno de los materiales más utilizados para elaborar paredes de mampostería, es el bloque hueco de hormigón debido a que, se fabrica con materiales que pueden ser obtenidos fácilmente en el medio y no requieren procedimientos complejos, como por ejemplo la cocción en el caso de ladrillos, demorando así el proceso de producción.

Otro aspecto por el cual se prefiere construir paredes de mampostería con bloques huecos de hormigón es la facilidad constructiva, ya que estos mampuestos poseen dimensiones relativamente estandarizadas que facilitan la colocación y sólo se requiere de un elemento de unión como el mortero de cemento y arena.

Tomando en cuenta esto, dentro del sector de la construcción, no se ha investigado e implementado técnicas para aislamiento acústico, más que las pocas conocidas y comercializadas actualmente en el mercado; por lo que se plantea esta propuesta técnica revolucionaria para combatir el problema del ruido de manera práctica y económica.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Ha sido un hecho real, que cada año el número de habitantes ha ido incrementando dramáticamente, trayendo como consecuencia que la calidad de vida de muchas personas vaya en decadencia, debido a que tanto los recursos como los espacios no son suficientes para satisfacer las necesidades de estas, sobre todo a la hora de hablar de vivienda. Por este motivo, muchas políticas de estado, principalmente en las grandes ciudades, se han enfocado en los planes de vivienda. Dando paso a las bien conocidas ciudades verticales como alternativas factibles.

Si es bien cierto, que la aparición de dichas estructuras colabora a solucionar la problemática de vivienda, no se encuentran exentas de manifestar ciertas debilidades o conflictos. Entre los cuales se puede contextualizar la problemática del ruido, el cual puede provenir del interior (ruido de fondo) o del exterior (procedentes de actividades vecinas). A este respecto, los constantes procesos de evolución en el área de construcción, conlleva a acudir a los nuevos materiales en la aplicación de muros para aislamiento acústico en los espacios arquitectónicos. En algunos países se puede evidenciar, que las edificaciones construidas no son enfocadas para disminuir la transmisión del ruido, ya que aportan imagen estética más no funcionalidad acústica.

El ruido es una emisión acústica molesta y dañina para la salud cuyos efectos pueden causar daños auditivos. En la actualidad los materiales usados como reductores de ruido son: placas de yeso, esponjas, lana de vidrio, lana de roca y paredes dobles. Por otro lado, se encuentra también la popularidad de los bloques huecos de hormigón prensado (en forma de paralelepípedo, con uno o más huecos transversales en su interior), en Ecuador ha crecido considerablemente en los últimos años, teniendo buena aceptación en todo tipo de edificaciones ya que se emplean en la construcción de paredes: tanto

soportantes como divisorias no soportantes y losas alivianadas de hormigón armado. Debido a la durabilidad, bajo costo de mantenimiento y baja inversión en fabricación (no necesita cocerse) por la poca tecnología que exige, hace que la producción sea fácil y rápida. Además, se pueden utilizar para la elaboración de estos, los áridos residuales que no se usan en otras aplicaciones; es decir, la mezcla de concreto utilizada para el proceso de fabricación puede ser combinada con otros materiales de desechos tales como papel, aserrín, entre otros.

En este sentido, es importante resaltar que la disminución del ruido colabora considerablemente en la concentración, mejora de la comunicación y tranquilidad de las personas. Las ciudades más contaminantes de ruido en el Ecuador son: Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta; debido a que en estas ciudades existe mayor población, más vehículos y mayor desarrollo industrial. Los municipios de cada ciudad han ido tomando medidas como restricción vehicular, mediciones de ruido anuales, monitoreo de industrias, etc. El material propuesto “aserrín pulverizado” nunca ha sido probado o utilizado en Ecuador como aislante acústico en mamposterías de bloque hueco, por lo que no existen datos técnicos históricos al respecto. La utilización de aserrín pulverizado y producción de este, para el aislamiento acústico en todo el país es de fácil adquisición y bajo costo ya que, los materiales importados son de alto costo y difíciles de conseguir.

1.2. Formulación del Problema

Ha de hacerse notar que, en la actualidad, los edificios de uso residencial han tenido que adaptarse a los niveles de exigencias y demanda de los inquilinos desde las necesidades de seguridad, confort y comunicación. Tanto en las nuevas edificaciones como la rehabilitación de edificios, el tema de la acústica merece una particular atención, ya que la calidad de vida de los habitantes que allí residen depende de este elemento indispensable. En tal sentido, las soluciones viables dependen de la presencia de la ingeniería de sonido y acústica y el modelamiento predictivo del aislamiento acústico de las estructuras;

de modo tal, que se puedan proponer soluciones constructivas y así lograr la disminución de la transmisión de la contaminación acústica.

Debido a que existen diversas vías de transmisión o escape del ruido a través de: grietas, huecos, aberturas y fisuras en los bordes de puertas, paredes y ventanas dejan evidenciar la presencia de molestias generadas por los ruidos provenientes de motores para bombas de agua, motores de elevación de ascensores, ventiladores de sistemas de aire acondicionados, portales de música, televisores, entre otros. Dentro de este contexto, se encuentra el reto que deben enfrentar los profesionales de la construcción ante las necesidades específicas que plantea la insonorización. De tal manera, que la identificación y estudios de los sistemas constructivos están contribuyendo y orientando las estrategias de intervención de nuevos materiales o productos utilizables.

Últimamente, en Ecuador se está tomando en cuenta el daño ocasionado a la sociedad por culpa del ruido. Específicamente en la capital “Distrito Metropolitano de Quito” se cuenta con la Ordenanza Municipal 213 de 2007, la más completa del país; pero aún es necesario una ampliación en donde se obligue a los constructores a tomar en cuenta el aislamiento acústico en las construcciones.

Aunque en este momento, la sociedad todavía no le da la importancia necesaria, quizás porque se desconoce del daño ocasionado por la falta de aislamiento acústico. Ahora bien, recién se está palpando los resultados físicos y psicológicos que este problema conlleva, es por eso por lo que, se han iniciado campañas para la prevención del ruido junto con la Dirección de Medio Ambiente que obliga a las empresas e industrias a realizar mediciones trimestrales sobre las emisiones de ruido que generan hacia el exterior. La UPMA (Unidad Policial de Medio Ambiente) atiende casos de ruido molesto en domicilios, fábricas, discotecas, etc.

El mayor problema radica, en pensar que las personas se pueden adaptar o acostumbrar al ruido, cuando en realidad ya se sufre de algún tipo de trastorno

auditivo. Como no hay muchos profesionales en la rama no existe una verdadera investigación para descubrir, analizar, promover y utilizar en la construcción específicamente técnicas innovadoras que aborden esta problemática. De no encontrar soluciones a dicho contexto será prácticamente imposible habitar u ocupar una edificación para vivienda u oficinas si carece en algún punto de aislamiento acústico, cerca de alguna vía rápida, avenida, colegio, estadio, plaza, aeropuerto, etc. debido a los altos niveles de ruido.

En consecuencia, el presente proyecto busca considerar condiciones acústicas basadas en materiales aislantes a través de la técnica usada para incorporar el aserrín pulverizado. Con la finalidad de que cualquier persona pueda realizarlo, basta con tener las manos secas para introducir y presionar el aserrín pulverizado en cada orificio del bloque hueco de hormigón.

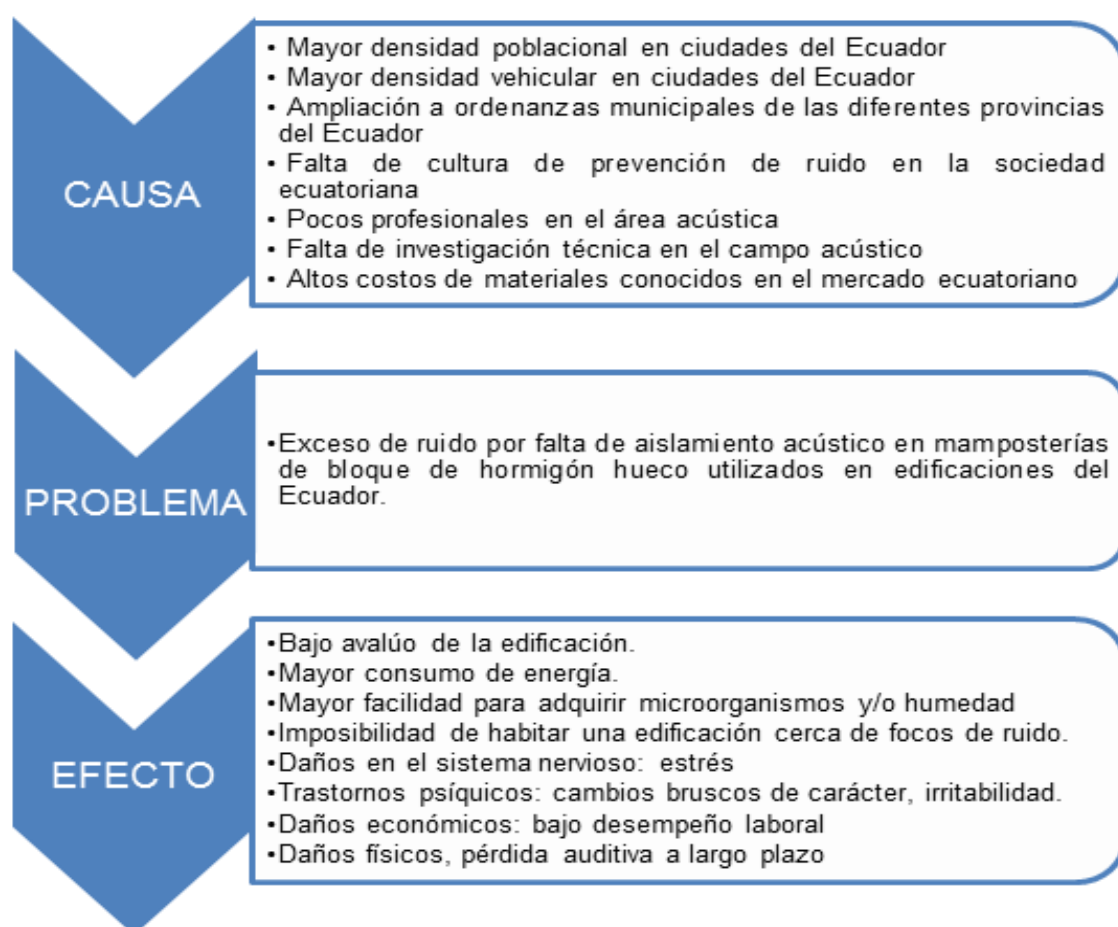


Figura 1 Árbol del Problema

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer una guía de construcción para fortalecer el aislamiento acústico en viviendas con paredes de bloque hueco de hormigón utilizando aserrín pulverizado.

1.3.1.1. Objetivos específicos

- Realizar un estudio técnico de los niveles de ruido en la Parroquia Puenbo del Distrito Metropolitano de Quito.
- Determinar los niveles de ruido en la Parroquia Puenbo del Distrito Metropolitano de Quito.
- Describir la composición de bloques huecos de hormigón utilizados para la construcción de paredes o muros.
- Identificar las propiedades acústicas aserrín pulverizado en bloques huecos de hormigón.
- Comparar los niveles de ruido en bloques huecos de hormigón sin y con aserrín pulverizado en paredes de vivienda.
- Realizar el análisis de precios unitarios del relleno de bloques huecos de hormigón utilizando aserrín pulverizado.
- Elaborar una guía de construcción para fortalecer el aislamiento acústico en viviendas con paredes de bloque hueco de hormigón utilizando aserrín pulverizado.

1.4. Alcance

El proyecto consiste en elaborar una guía de construcción para solucionar problemas de aislamiento acústico, siendo esta solamente de carácter referencial o como fuente de estudio e información para los profesionales de la construcción. Presentada como alternativa a su propia obra de edificación o rehabilitación; siguiendo los pasos respectivos para la introducción manual del aserrín pulverizado en cada cavidad de cada bloque de hormigón, desde la base hasta el tope de cada pared. De modo tal, que dicha técnica proporcione un aislamiento acústico práctico-económico.

Cabe mencionar, que no se realizarán estudios de marketing (comercialización, promoción y publicidad, servicio, tamaño de mercado, políticas de precio, distribución), ni se crearán marca sobre el producto “aserrín pulverizado”, ni se comercializará.

1.5. Justificación del proyecto

Implementando esta técnica serán atacados los focos de contaminación auditiva como auditorios, bares-discotecas, teatros, centros educativos, etc.

1.5.1. Justificación Teórica

La elaboración del proyecto identifica como puntos de referencias los conocimientos adquiridos en las siguientes materias, aprobadas durante el proceso de formación académica:

Introducción a la computación, lenguaje y redacción técnica para el estudio documental histórico del ruido en la zona a construir. Introducción a la construcción y materiales de construcción para hacer el análisis técnico de la composición del bloque con el que se va a construir de acuerdo con la topografía de la zona. Física de construcciones, dibujo para construcciones, obra gris,

acabados y estructuras para implementar y describir la técnica a usar para incorporar el aserrín pulverizado dentro de cada bloque hueco de hormigón. Aplicaciones numéricas para establecer las cantidades de aserrín pulverizado, maquinaria de construcción para el transporte, trabajo en equipo y legislación laboral para la mano de obra; seguridad e higiene en el trabajo para la seguridad y bases de electrónica para usar equipos de medición que serán de utilidad en la obra. Análisis de costos de construcción para hacer el análisis y presupuesto.

Metodología de proyectos de titulación para desarrollar esta guía de construcción. Cada una de ellas aporta herramientas fundamentales en el desarrollo de la investigación y el logro de los objetivos planteados.

1.5.2. Justificación Práctica

Con la elaboración y puesta en práctica de la guía de construcción se verán beneficiados directos:

- Los residentes o grupo familiar de la vivienda (abuelos, padres, hijos) ya que tendrán una mejor calidad de vida, disminuyendo costos relacionados con problemas de salud ligados a dificultades auditivas y sus consecuencias.
- Los trabajadores de las empresas, industrias u oficinas ya que tendrán un mejor ambiente de trabajo por lo que se desarrollarán todas sus aptitudes y mejorarán en su comportamiento, resultado reflejado en beneficio económico de la entidad para la cual trabajan. (empleadores, empleados).
- Los constructores debido a que obtendrán un óptimo resultado en su inversión (ofreciendo al mercado edificaciones con aislamiento acústico) utilizando esta técnica de bajo costo (no altera la estructura de la edificación), lo que será reflejado en un mejor precio de venta (mayores ingresos) y mayor aceptación en los clientes y/o personas que realizan su

inversión de vida (viviendas) o la inversión para crear empleos y desarrollar la economía de un país (empresas, industrias).

1.5.3. Justificación Metodológica

1.5.3.1. Método descriptivo

El desarrollo del proyecto se apoyará en el método descriptivo debido que la guía de construcción describirá las características, procedimientos, medidas, entre otros aspectos, que podrán contextualizar las alternativas en la disminución en los problemas de aislamiento acústico presente en las edificaciones. Cabe mencionar, que dicha descripción se realizará luego de la documentación exhaustiva requerida. La misma se realiza directamente en el campo, debido a que se deben tomar las medidas internas de la vivienda, para posteriormente ser plasmadas en el plano.

1.5.3.2. Método Inductivo

Posteriormente al estudio documental histórico del ruido se procederá a elaborar la guía de construcción con el apoyo de la información escrita de cálculos y mediciones. De esta manera, contar con la credibilidad en la presentación de las posibles alternativas en la disminución de la problemática referido al factor acústico y sus consecuencias sociales, económicas y de comunicación al igual que se podrá ubicar cantidades específicas en los materiales a utilizar. Se apoyará en la dirección de ambiente, en recorridos e inspección visual por los alrededores del predio a construir con el fin de localizar focos de contaminación auditiva.

1.5.3.3. Método Deductivo

El estudio documental propuesto para la elaboración de la guía de construcción para solucionar problemas de aislamiento acústico en paredes construidas con

bloques huecos de hormigón, mediante la introducción manual de aserrín pulverizado en las cavidades de cada bloque de cada pared de una edificación, refiere la ausencia e investigaciones previas relacionadas al tema de la acústica y la problemática que esta pueda generar en la calidad de vida de los habitantes de una vivienda con dicha estructura.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sonido

El sonido puede ser definido desde dos puntos de vista, por una parte, a nivel sensorial, describiendo la sensación que se experimenta al captar un estímulo externo por los nervios de la audición y por la otra, describiendo las ondas sonoras que se producen como consecuencia de la compresión del aire con capacidad de estimular el nervio auditivo (Rossi, 2010).

El sonido puede ser identificado por fluctuaciones periódicas de presión de aire de tal forma que se intercambian de manera regular incrementos o condensación y rarefacción o decrementos de presión. Estas ondas sonoras pueden ser caracterizadas por la frecuencia y la amplitud, en el caso de la frecuencia se determina por la cuantificación de oscilaciones o ciclos que suceden en la unidad de tiempo y la amplitud se correlaciona con la sensación de intensidad (Infomed, 2007).

2.1.1. Propiedades del sonido

De acuerdo a los estudios realizados en el ámbito de la acústica el sonido posee cinco propiedades fundamentales, que son: amplitud, frecuencia, longitud de onda, timbre y velocidad (Rossi, 2010).

2.1.1.1. Amplitud

También conocida como intensidad, tiene que ver con el movimiento del sonido a través del aire en forma de ondas, por lo que se define como la distancia medida entre el nivel más bajo y el más elevado de una onda. Por tanto, la amplitud del sonido está representada por la intensidad o volumen, lo que permite que escuchemos con el sentido auditivo suave o fuerte (Rossi, 2010).

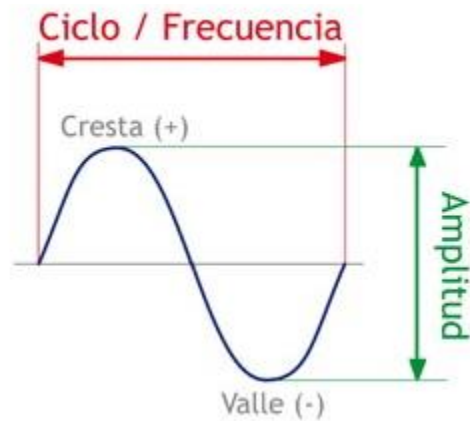


Figura 2 Amplitud
Tomado de: (Rossi, 2010)

2.1.1.2. Frecuencia

La frecuencia o altura es medida en Hercios (Hz) indicando esta medida la cantidad de ondas por segundo que completan un ciclo, representado la altura o tono del sonido, permitiendo establecer la diferencia entre sonidos agudos y graves. El intervalo de frecuencias que el oído humano puede captar se encuentra en un rango de entre 20 Hz y 20 KHz (Rossi, 2010).

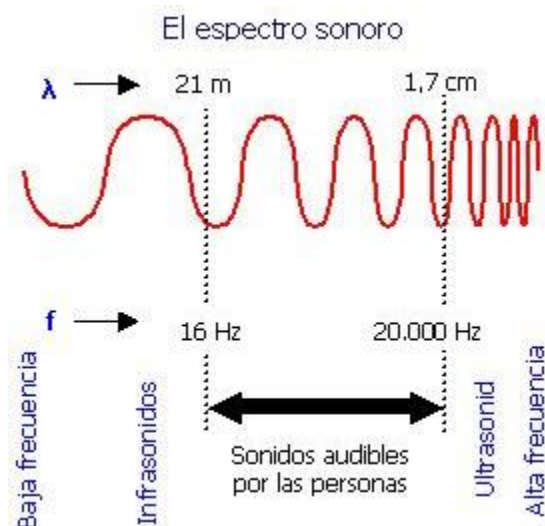


Figura 3 Frecuencia
Tomado de: (Rossi, 2010)

2.1.1.3. Longitud de onda

Considerando que el sonido está conformado por ondas, la longitud de onda representa la distancia existente entre dos crestas consecutivas, señalando la extensión de la onda. Esta propiedad es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda, por tanto, una onda larga corresponde a una baja frecuencia, en cambio, una longitud de onda corta es correspondiente a una frecuencia elevada (Serrato, 2013).

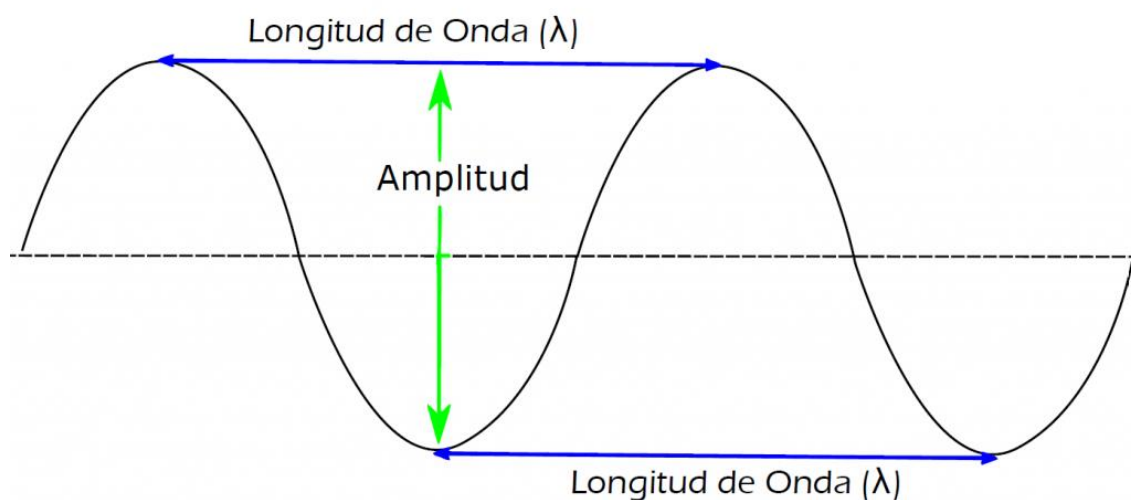


Figura 4 Longitud de onda
Tomado de: (Serrato, 2013)

2.1.1.4. Timbre

La definición de timbre es compleja, la mejor definición que se puede señalar es que representa la diferencia entre dos sonidos de la misma frecuencia y amplitud, esto permite establecer la distinción entre dos fuentes de sonido similares (Rossi, 2010).

2.1.1.5. Velocidad

Es considerada la propiedad más precisa y a la vez la más simple del sonido, debido a que puede ser medida con alta precisión en un medio, no siendo

dependiente de la frecuencia e intensidad y en cambio depende de manera exclusiva de la elasticidad y densidad del medio. Por tanto, es superior en los sólidos con respecto a los líquidos y en estos últimos mayor que en los gases (Serrato, 2013).

Lo señalado anteriormente indica que el sonido se propaga a velocidades que dependerán del medio en el que se transmita. Así se tiene que en el aire el sonido se propaga a una velocidad aproximada de 343 m/s, variando en relación con la densidad del aire, la cual es afectada por factores como la temperatura o la humedad relativa. En el caso del agua, el valor promedio de velocidad del sonido es de 1.500 m/s, variando la densidad del medio por factores tales como profundidad, temperatura o salinidad (Pino, 2011).

En los medios sólidos, el sonido se propaga a mayor velocidad con respecto al aire y el agua. A manera de ejemplo, se tiene el acero, en el cual el sonido alcanza una velocidad promedio de 5.000 m/s. Debido a esta característica en los materiales sólidos se emplea el sonido y las propiedades de reflexión para ubicar grietas y fallas estructurales, sin necesidad de acceder a la estructura total (Pino, 2011).

Tabla 1 Velocidad de propagación del sonido en distintos materiales

Materiales	Velocidad en m/s
Aire	330
Aire a 20° C	340
Corcho	500
Agua	1450
Hormigón	3100
Ladrillo	3700
Cobre (Cu)	3960
Hierro (Fe)	5100
Aluminio (Al)	5200
Vidrio	5500

Tomado de: (Pino, 2011)

2.1.2. Espectro audible

Los seres humanos pueden detectar sonidos en un rango de frecuencia de aproximadamente 20 Hz a 20 kHz, aunque los bebés humanos pueden escuchar frecuencias ligeramente superiores a 20 kHz, pero pierden algo de sensibilidad de alta frecuencia a medida que maduran, el límite superior en adultos promedio suele ser más cercano a un rango de entre 15 kHz y 17 kHz (Purves, y otros, 2018).

Por lo tanto, el espectro audible está formado por las audiofrecuencias que corresponden entre los 20 Hz y los 20 kHz que puede oír un ser humano, encontrándose fuera de las audiofrecuencias los infrasonidos, que representan ondas acústicas bajo los 20 Hz y los ultrasonidos, que son ondas acústicas cuyas frecuencias están por encima de los 20 kHz (Purves, y otros, 2018).

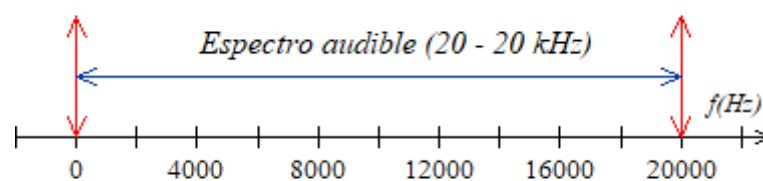


Figura 5 Espectro audible
Tomado de: (Purves, y otros, 2018)

2.1.2.1. Rango de frecuencias

El espectro audible se puede clasificar de acuerdo a las zonas de frecuencia en:

Zonas de frecuencia bajas o tonos graves: Corresponden a aquellos sonidos cuyas frecuencias se encuentran entre los 20 Hz y los 256 Hz. Son de gran intensidad y no son percibidos por la mayoría de la población (Martin, 2015).

Zonas de frecuencia medias o tonos medios: Sonidos cuyas frecuencias se encuentran entre los 256 Hz y los 2000 Hz. El rango de intensidad percibido en esta zona por el oído es mayor que en las zonas graves (Martin, 2015).

Zonas de frecuencia altas o tonos agudos: Corresponden a los sonidos con frecuencias entre los 2000 Hz y los 20 kHz, es la zona con mayor rango de intensidad percibida. El límite con los ultrasonidos depende del oído de cada persona (Martin, 2015).

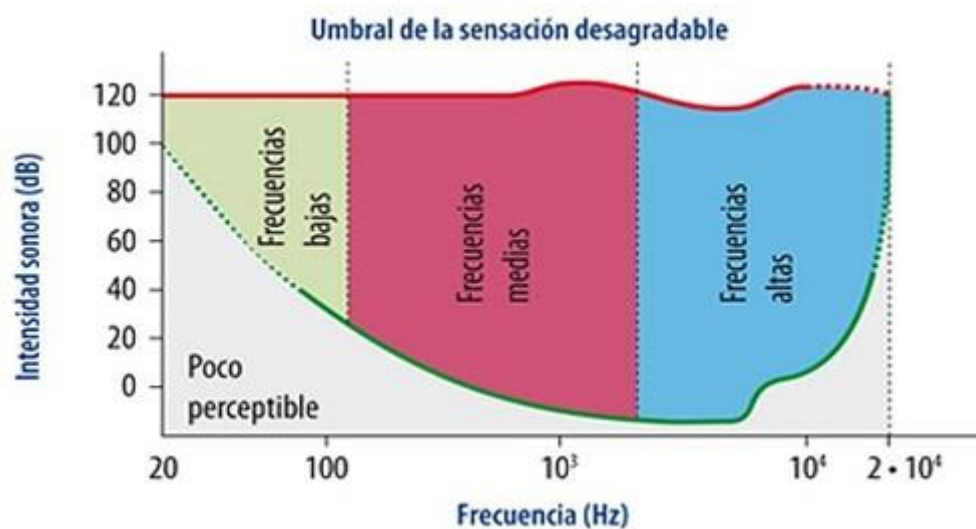


Figura 6 Rango de frecuencia del espectro audible
Tomado de: (Martin, 2015)

2.1.3. Características físicas del sonido

Por ser el sonido un movimiento ondulatorio se puede representar como la sumatoria de curvas sinusoides con un factor de amplitud específico, caracterizado por las magnitudes y unidades de medida con que se mide cualquier onda de frecuencia, definiéndose por:

- **Periodo (T):** Corresponde al tiempo que emplea la onda sonora en realizar un ciclo completo, teniendo como unidad de medida el segundo.

- **Frecuencia (f):** Representa la expresión numérica de ciclos que se producen en un segundo, correspondiendo a la inversa del período, midiéndose en Hz.

$$f = \frac{1}{T}$$

- **Velocidad del sonido (c):** Velocidad que alcanza la onda sonora al propagarse en un medio elástico, por tanto, depende de las características el medio, se mide en m/s.
- **Longitud de onda (λ):** Corresponde a la distancia existente entre puntos similares en ondas sucesivas, midiéndose en metros, relacionado con la velocidad del sonido, frecuencia y periodo.

$$\lambda = \frac{c}{f} = c * T$$

Siempre hay que considerar en la superposición de distintas ondas la etapa o fase que representa el relativo retardo de la posición de una onda con respecto a la otra (Salas, 2010).

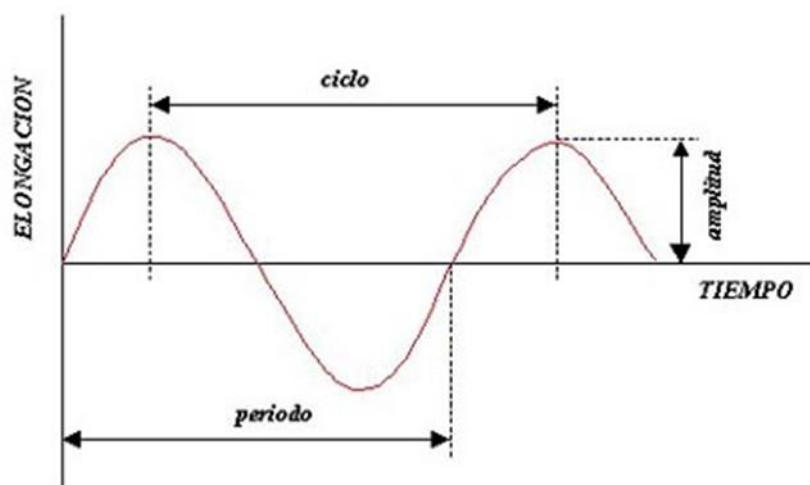


Figura 7 Características físicas del sonido
Tomado de: Propiedades físicas del sonido (Pérez & Cubero, 2001)

2.1.4. Generación y propagación del sonido

Fundamentalmente, para que se produzca una onda sonora debe generarse previamente una oscilación que se propaga en un medio que le otorga una velocidad finita. Dependiendo de la interrelación que se produzca entre el sentido de la propagación y la oscilación, se pueden definir las ondas longitudinales, de torsión o transversales (Maggiolo, 2003).

Un elemento importante para la propagación del sonido es el medio, definiéndose este como el conjunto de osciladores con capacidad de entrar en vibración por la acción ejercida por una fuerza, pudiendo ser este sólido, líquido o gaseoso. Por tanto, para que la onda sonora se propague a través de un medio, este debe cumplir tres condiciones básicas: que sea elástico, debe contener masa e inercia, además de presión, temperatura y humedad, los cuales determinan también la velocidad de propagación de la onda sonora (Maggiolo, 2003) (Pino, 2011).

2.1.5. Transmisión del sonido en el aire

En el caso del aire como medio de transmisión o propagación del sonido posee, además de las condiciones antes señaladas, otras características relevantes, tales como (Maggiolo, 2003):

- La propagación es lineal, es decir, distintos sonidos u ondas sonoras pueden propagarse al mismo tiempo por el mismo espacio sin que exista afectación entre ellas.
- No dispersivo, debido que la propagación de las ondas sucede a una misma velocidad con independencia de la frecuencia o amplitud.
- Homogéneo, destacando que el sonido se propaga de manera esférica o en todas las direcciones, creando el concepto definido como campo sonoro.

En consecuencia, un elemento generador de ondas sonoras produce que el aire comience a vibrar, esta vibración al enfrentar una barrera, que puede ser techos, pisos o muros, produce la vibración de la misma a través de la vibración del aire que se encuentra atrás. La diferencia que se registra entre el rango de sonido primario que incide en la barrera y el que se transmite al lado contrario es conocido como pérdida de transmisión de sonido en la barrera. Por tanto, entre mayor efectividad posea la barrera mayor será la pérdida de transmisión del sonido (Lancerio, 2015).

Generalmente estas barreras actúan en forma conjunta para minimizar la transmisión de sonido, debido que la energía se desplaza por todos los sistemas adyacentes, tales como pisos, aberturas o losas que se encuentren en la superficie o alrededor de estas (Lancerio, 2015).

2.1.6. Transmisión del sonido a través de las estructuras

La manifestación básica de la transmisión del sonido en las edificaciones se realiza por vía aérea y estructural, en consecuencia, para el control se emplean aquellos elementos que intervienen en las divisiones como lo son suelos, paredes, puertas y ventanas para el ruido aéreo, así como elementos que minimizan la vibración para el ruido estructural, destacando el sonido de impacto como caso particular del sonido transmitido por las estructuras que se produce por golpes, generalmente con el arrastre o caída de objetos (Hoppe, Perojo, Silió, Lombillo, & Villegas, 2007).

En el caso de la transmisión del sonido a través de las estructuras se puede señalar que se origina como consecuencia de la vibración de la propia estructura, la cual es generada por fuentes estables o por fuentes de impacto. Estas vibraciones se propagan por la estructura con un mínimo de atenuación hacia distintas áreas donde ocasionan la vibración de ciertas superficies que son percibidas por el receptor como sonidos transmitidos por el aire u objetos que se movilizan (Hoppe, Perojo, Silió, Lombillo, & Villegas, 2007).

2.1.7. Medición y cálculo de los niveles de sonidos

2.1.7.1. dB (Decibelio)

El decibelio representa una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, tensión o potencia eléctrica, no es una unidad de medida, es una escala logarítmica, o escala relativa, lo que significa que al doblar la presión sonora o energía del sonido, el índice se multiplica aproximadamente por 3. La razón de medir el sonido de esta manera es que nuestra mente y oído perciben el sonido en términos del logaritmo de la presión sonora, en lugar de en términos de la presión sonora en sí misma (Asociación danesa de la industria eólica, 2003).

2.1.7.2. dB(A) (Decibelio ponderado)

Medida que cuantifica los sonidos, es decir, mide la intensidad de sonido en todo el rango de las diversas frecuencias o tonos audibles, empleando un sistema de ponderación que toma en cuenta la sensibilidad diversa del oído humano frente a cada frecuencia de sonido. Esta medida indica que la presión sonora a la frecuencia más audible es multiplicada por valores altos, mientras que las frecuencias menos audibles son multiplicadas por valores bajos, obteniendo como resultado un índice numérico (Asociación danesa de la industria eólica, 2003).

Específicamente el sistema de ponderación (A) se utiliza para sonidos débiles, Existiendo otros sistemas de ponderación para sonidos fuertes, conocidos como dB(B) y dB(C), aunque raras veces se utilizan (Asociación danesa de la industria eólica, 2003).

2.1.7.3. SPL (Sound Pressure Level)

Término referido al Nivel de Presión Sonora, equivale a una medida de la intensidad acústica, considerando que la intensidad de un sonido es dependiente de la presión de aire que crea la onda sonora, dicha presión se convierte a decibelios, con una referencia concreta, para indicar un valor del SPL (Noisess, 2012).

Para expresar el nivel de presión sonora (SPL) en dB se emplea la siguiente expresión:

$$SPL = 20 * \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Donde:

P = Presión eficaz (Pa)

P₀ = Presión de referencia = 20 * 10⁻⁶ Pa

Debido al amplio rango de presión sonora que es capaz de captar el oído humano, que va desde el llamado umbral de audición, cifrado en 20 µPa, hasta el umbral del dolor, en donde ocurre la rotura del tímpano, sobre 200 Pa, se hace necesario emplear fórmulas matemáticas con logaritmos (Noisess, 2012).

2.2. Ruido

El ruido se puede describir como un elemento físico contaminante, representando sonidos incómodos e indeseables, también puede ser definido como el sonido o conjunto de sonidos de amplitud elevada que tienen la capacidad de causar interferencias o dolencias en el proceso de comunicación. Es posible establecer una marcada diferencia entre sonido y ruido, porque el sonido puede ser cuantificado y por otra parte, el ruido es considerado un fenómeno subjetivo (Ganime, Almeida, Robazzi, Valenzuela, & Faleiro, 2010).

Desde el punto de vista objetivo, el ruido es considerado toda señal acústica periódica, que se origina de la superposición de varios movimientos de vibración con diversas frecuencias, las cuales no presentan relación entre sí, de modo subjetivo es considerado toda sensación de desagrado, incomodidad o tolerancia recurrente de una exposición sonora (Ganime, Almeida, Robazzi, Valenzuela, & Faleiro, 2010).

2.2.1. Tipos de ruido de acuerdo a la forma de transmisión

2.2.1.1. Ruido aéreo

Es el que se produce debido a la perturbación del aire que envuelve a las fuentes sonoras. Las ondas generadas chocan contra otras superficies, ocasionando que estas comiencen a vibrar, modificando y perturbando el aire circundante, creando un sonido nuevo (Lancerio, 2015).

2.2.1.2. Ruido impacto

Este tipo de ruido se produce por golpes generados sobre una superficie, por lo general un moldeado. Al golpear esta superficie, esta comienza a vibrar, produciendo una emisión sonora, dependiendo el nivel de las vibraciones del tipo de material puede ser transmitido a otras superficies (Lancerio, 2015).

2.2.2. Tipos de ruido por caracterización en frecuencia

Estos se pueden clasificar como ruido tonal, rosa y blanco, siendo empleados los últimos dos para determinar medidas normalizadas.

2.2.2.1. Ruido tonal

Se produce cuando el elemento generador de ruido ocasiona impactos repetidos o desequilibrios que causan vibraciones, las cuales al ser transmitidas por medio

del aire pueden ser captadas como tonos. Estos tonos producidos pueden ser identificados de forma subjetiva a través del oído y de forma objetiva, con el análisis de frecuencias, que permite comparar el grado o nivel de tono con el grado o nivel de los elementos que componen el espectro circundante. La energía de la onda sonora es superior a 5 dB en al menos uno de los tonos que lo integran (Gómez & Cuenca, 2011).

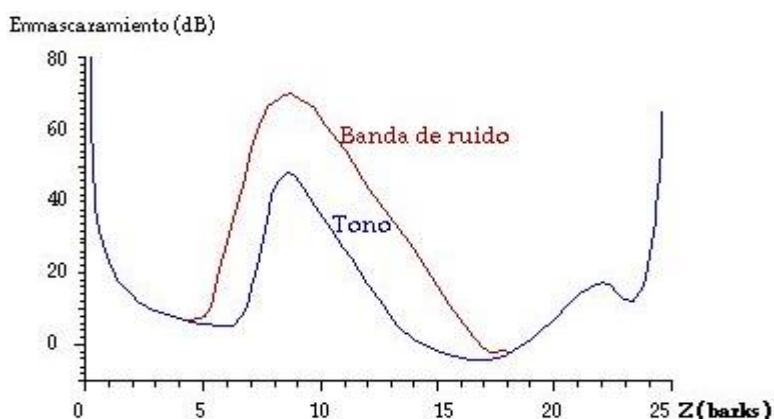


Figura 8 Ruido tonal
Tomado de: (Gómez & Cuenca, 2011)

2.2.2.2. Ruido rosa

Representa el ruido que posee un nivel sonoro constante en todas las bandas de octava, generalmente es utilizado para cuantificar el nivel de aislamiento en laboratorio y para medir la absorción acústica. Se caracteriza por la disminución de 3 dB en la presión sonora en la medida que se incrementa la banda de octava (Gómez & Cuenca, 2011).

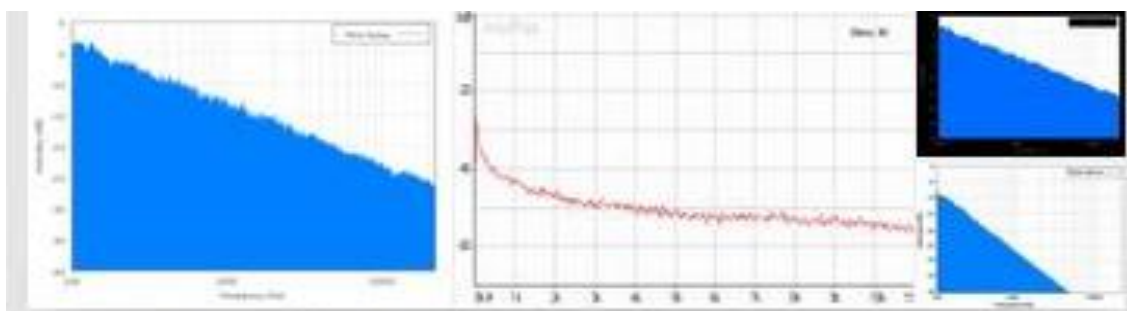


Figura 9 Espectro de ruido rosa
Tomado de: (Gómez & Cuenca, 2011)

2.2.2.3. Ruido blanco

Este tipo de ruido está compuesto por la totalidad de las frecuencias con igual amplitud, lo que en acústica se conoce como visión plana. Al contrario del ruido rosa, este se caracteriza por ser un ruido patrón que incrementa en 3 dB en la presión cada vez que se incrementa la banda de octava (Gómez & Cuenca, 2011).

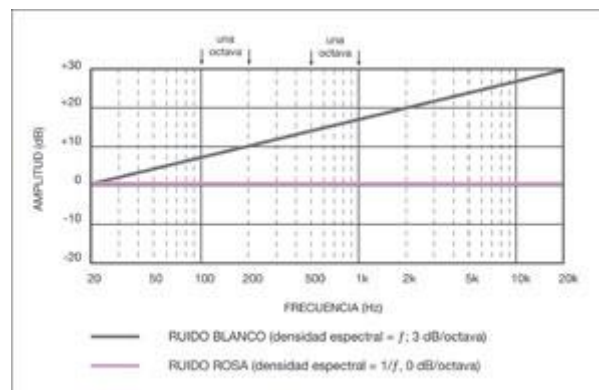


Figura 10 Ruido Blanco
Tomado de: (Gómez & Cuenca, 2011)

2.2.3. Tipos de ruido por caracterización temporal

El ruido se puede clasificar de acuerdo a la intensidad y la prolongación en el tiempo de la siguiente manera (Sánchez, Palomino, González, & Tejeda, 2006):

2.2.3.1. Continuos

También es llamado estacionario, tiene como característica principal que es constante durante el periodo de tiempo que dura, es decir, es aquel ruido en el que el nivel de presión acústica (NPA) es constante en el tiempo y en aquellos casos en que posee niveles máximos, produciéndose en intervalos iguales o inferiores a un segundo. Este tipo de ruido se clasifica en estable y variable. La amplitud de señal que presenta este tipo de ruido a pesar de no ser constante siempre mantiene valores que no llegan a cero, es decir, la señal no tiene un

valor constante pero si un valor medio (Sánchez, Palomino, González, & Tejada, 2006; Cortés, 2007; Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2015).

2.2.3.2. Intermitentes

El sonido y el nivel varían en escalones perfectamente definidos, con una duración relativamente larga. Se producen caídas bruscas y repentinas hasta alcanzar el nivel ambiental de manera intermitente, volviéndose a alcanzar hasta el nivel superior, manteniéndose este nivel durante más de un segundo antes que se produzca una nueva caída (Sánchez, Palomino, González, & Tejada, 2006; Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2015).

2.2.3.3. Variable

El sonido y el nivel cambian de forma continua en el tiempo, aunque sin seguir un patrón definido. Oscilando el nivel de presión acústica en más de 5 decibeles (dB) a lo largo del tiempo, descomponiéndose el ruido total en varios ruidos estables (Sánchez, Palomino, González, & Tejada, 2006; Cortés, 2007).

2.2.3.4. Impacto o impulsos

El nivel sonoro presenta picos de alta intensidad y de muy corta duración, disminuyendo el nivel de presión acústica de manera exponencial con el tiempo y las variaciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico que suceden en un tiempo superior al segundo, con un tiempo de duración inferior o igual a 0,2 segundos. La característica general es la elevación brusca del ruido en un periodo menor a los 35 milisegundos y de un tiempo de duración menor a 500 milisegundos (Sánchez, Palomino, González, & Tejada, 2006; Cortés, 2007; Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2015).

2.2.4. Efectos del ruido en la salud

En el año 2002 la Organización Mundial de la Salud emitió un informe donde incluye al ruido dentro de los cinco elementos principales que constituyen factores de riesgo para la salud, siendo la principal consecuencia por causa a la exposición prolongada la pérdida auditiva, conocida como hipoacusia, que es la enfermedad que se presenta con mayor frecuencia, estableciéndose normativas legales que protegen la salud y seguridad de la población, mediante valores límites de exposición con el objetivo de hacer mínima la aparición y desarrollo de dolencias o molestias causadas por el ruido (Ordaz, y otros, 2009).

Los efectos de ruido sobre el organismo se miden especialmente por el nivel de estrés que este desencadena como respuesta defensiva, tal cual lo hace ante cualquier agresión de tipo psíquico o físico, además de efectos, tales como patologías cardiovasculares, problemas de sueño, cansancio o fatiga, alteraciones sobre el desarrollo, la reproducción, de índole psicológico y psicosociales. Teniendo todos estos efectos consecuencias directas sobre la calidad de vida, definiéndose esta como el bienestar personal y la relación con el entorno, el cual es perturbado en el desarrollo individual, familiar y laboral (Ordaz, y otros, 2009).

Los efectos sobre la salud se reconocieron por primera vez en entornos ocupacionales, como las fábricas de tejidos, donde los altos niveles de ruido se asociaron con la pérdida auditiva inducida por el ruido. El ruido ocupacional es el tipo de exposición al ruido más estudiada, aunque en los últimos años se ha comenzado a dar importancia al ruido social y el ruido ambiental, siendo estas exposiciones relacionadas con una variedad de efectos no auditivos que incluyen molestias, trastornos del sueño, enfermedades cardiovasculares y deterioro del rendimiento cognitivo en niños. El ruido es omnipresente en los entornos urbanos y la disponibilidad de lugares tranquilos está disminuyendo (Basner, Babisch, Brink, Clark, & Janssen, 2014).

Se ha determinado que, en Europa, 56 millones de personas (54%) aproximadamente, que viven en zonas con más de 250.000 habitantes están expuestas a un ruido del tráfico vial superior a 55 dB aproximadamente por año, lo que se considera riesgoso para la salud. Por lo tanto, la comprensión del ruido ambiental y ocupacional es importante para la salud pública (Basner, Babisch, Brink, Clark, & Janssen, 2014).

2.2.5. Control del ruido

El control del ruido se refiere al grupo de medidas que tiene la finalidad de garantizar niveles de ruido aceptables de acuerdo a la legislación vigente en cualquiera de las áreas de la sociedad, estas medidas consideran tanto el nivel normativo, como el nivel de la ingeniería y la aplicación integrada de ambos aspectos. Es importante señalar que el control de ruido no quiere decir exactamente reducción de ruido (Hoppe, Perojo, Silió, Lombillo, & Villegas, 2007).

Para la aplicación del control de ruido se contempla un conjunto de técnicas que abarcan aspectos tanto operacionales como económicos que permiten alcanzar un ambiente aceptable de ruido de acuerdo a los estándares promedios establecidos para los receptores y el ambiente (Hoppe, Perojo, Silió, Lombillo, & Villegas, 2007).

Estas técnicas se pueden dividir de acuerdo a la siguiente clasificación:

2.2.5.1. Reducción del ruido en la fuente

Permite alcanzar el control mediante la reducción vibracional del origen del ruido, así como también la reducción de la amplitud de vibración de otras fuentes que vibran como consecuencia de la vibración original, considerando además las modificaciones necesarias en el procedimiento operacional causante del ruido (Pérez & Cubero, 2001).

2.2.5.2. Control del ruido en el medio transmisor

La aplicación de esta técnica considera aspectos tales como:

- Adecuado emplazamiento de la fuente sonora, tal que, al aire libre, la atenuación máxima se logra incrementando la distancia entre la fuente sonora y el receptor, y en algunos casos alterando la dirección relativa de la fuente y el receptor.
- Planificación adecuada de la construcción.
- Deflexión del medio: En transmisiones aéreas de ruidos, pueden ser efectivas barreras u obstáculos colocados de manera estratégica, estas barreras deben ser de mayor tamaño que la longitud de onda del ruido que se quiere evitar.
- El empleo de técnicas de encerramientos permite alcanzar considerables atenuaciones de ruido, siempre que el diseño sea adecuado alrededor tanto en el origen del sonido como en el receptor.
- Mediante técnicas de absorción. El empleo de materiales con características de absorbentes acústicos colocados en techos, suelos y paredes permite alcanzar atenuaciones considerables. En el caso de conductos con alto nivel de ruido pueden ser empleados forros absorbentes de ruido.
- Mediante el empleo y aplicación de filtros y silenciadores acústicos (Pérez & Cubero, 2001).

2.2.5.3. Empleo de medidas protectoras contra el ruido por parte del receptor

Entre las medidas que considera esta técnica se puede señalar:

- Empleo de equipos de protección individual.
- Información y formación al personal.
- Control administrativo de la exposición (Pérez & Cubero, 2001).

2.3. Absorción acústica

Se puede definir la absorción acústica como aquella propiedad o característica que poseen ciertos materiales, sistemas o montajes de transformar parte de la energía sonora generada en un área determinada en una forma de energía no acústica, por lo general de tipo térmica y cuyos niveles o valores son irrelevantes. Aprovechando esta cualidad de los materiales, muchos son empleados para el control de la calidad acústica de espacios cerrados donde la reproducción de sonidos claros y definidos es de importancia, estableciendo un control del ruido, aplicándose también como complemento de los sistemas aislantes, incrementando la eficacia (Boschi, Acosta, & González, 2005).

En el caso de las edificaciones la absorción acústica es la capacidad de la superficie de absorber el sonido en lugar de propagarlo, por tanto, si la construcción es de naturaleza reflexiva el sonido se moverá continuamente. Ciertos materiales empleados en construcción como ladrillos de concreto, de yeso y baldosas son de naturaleza bastante reflectiva y no absorben mucho sonido. Algunos de los materiales utilizados como alfombras, espuma, almohadillado y aislamiento de fibra de vidrio son los mejores materiales de absorción acústica. El uso de material absorbente se puede usar por completo en la monitorización del sonido, el aislamiento de fibra de vidrio se aplica predominantemente cuando el control del sonido es considerable. La alfombra gruesa y el relleno también son muy absorbentes y los paneles acústicos del techo están diseñados para absorber en lugar de reflejar (Khan, Quasim, Hussain, Khan, & Azad, 2017).

2.4. Aislación

La aislación sonora, es una técnica característica en la práctica del control del ruido, que consiste fundamentalmente en dividir mediante barreras físicas, preferentemente con cierres totales, el sector que contiene la fuente sonora del que se desea proteger, de tal manera que constituyan recintos aislados. En

consecuencia, se puede establecer que las características que debe reunir un aislante acústico no solo no coinciden con las de los fonoabsorbentes, sino que son incompatibles (Boschi, Acosta, & González, 2005).

2.4.1. Aislamiento acústico

En las construcciones se reduce la transmisión del sonido a través de las barreras de sonido, que es una de las técnicas más esenciales en acústica. Por tanto, la pérdida de transmisión de sonido (TL) se define como un panel de material sólido intermedio que reduce la absorción o el reflejo de la energía del sonido de una edificación a otra. Tanto los ruidos de alta frecuencia como los de baja frecuencia pueden ser atenuados por los materiales de construcción, así, aumentando el grosor de la pared y aislar un lado de la construcción del otro es una forma usual de aumentar la pérdida de transmisión de un panel o construcción. El Sound Transmission Class o STC es la forma estándar de describir el aislamiento acústico de las construcciones en los U.S.A. Los componentes de la construcción y cómo se ensamblan determinan la clasificación STC de una pared, piso o techo (Khan, Quasim, Hussain, Khan, & Azad, 2017).

En general, se puede señalar que un material o combinación de materiales poseen buen comportamiento acústico, cuando son pesados e impermeables al paso del aire, siendo altamente favorable que sean de poca rigidez y que conformen cierres herméticos (Boschi, Acosta, & González, 2005).

2.4.2. Tipos de aislamientos acústicos

Entre las características principales de los aislantes acústicos se pueden mencionar que son rígidos, compactos, de alta densidad y no porosos, por lo que además impiden el paso del aire, dando mayor calor a los espacios, brindando una sensación de confort; es usual encontrar paneles acústicos en diversos áreas o espacios de uso social, cubriendo muros completos y en algunos casos,

techos y pisos para obtener un mejor efecto acústico, debido que encierran y optimizan la calidad de los sonidos internos, impidiendo la salida al exterior (Comaudi Industrial, 2017).

Entre los tipos de aislamiento acústicos se encuentran:

2.4.2.1. Lana mineral

Material flexible, ligero, fácil de colocar, compuesto por arena silicea y roca basáltica; cuya característica básica es que otorga protección acústica por niveles de hasta 70 dB, ayudando a proteger contra el fuego, siendo ideal para ser colocado en conductos de aire acondicionado, cubiertas, estructuras, falsos techos, mamparas, puertas y muros (Comaudi Industrial, 2017).

2.4.2.2. Lanitas de fibra de vidrio

Es un material fibroso obtenido del vidrio y es el resultado de procesos de fundición o centrifugación y aglomeración con resinas, ofreciendo protección acústica y térmica, además del fuego, resistente a sustancias químicas tales como los ácidos y puede ser utilizado en distintas aplicaciones (Comaudi Industrial, 2017).

2.4.2.3. Materiales antivibratorios

Utilizados para minimizar la transmisión de las vibraciones ocasionadas por motores de equipos y máquinas industriales o por el roce o golpe de objetos (impactos), empleando láminas de poliuretano, silentbloks o placas antivibratorias para aislar un elemento, aminorar el ruido y prevenir los daños auditivos. El plomo es uno de los aislantes acústicos por excelencia, este es un metal de gran densidad y peso que se incorpora en paneles acústicos, no obstante, no es muy utilizado debido al alto costo de fabricación (Comaudi Industrial, 2017).

2.4.3. Factores que intervienen en el aislamiento acústico

Al incidir la onda acústica sobre un elemento de construcción, parte de la energía es reflejada, otra es absorbida y otra es transmitida al lado contrario. El aislamiento ofrecido por el elemento representa la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, es el equivalente a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida (Sonoflex, 2018).

Existen variados factores intervinientes que permiten alcanzar un óptimo aislamiento acústico:

2.4.3.1. Factor de masa

Se obtiene el aislamiento acústico fundamentalmente por la masa de los elementos de construcción, por tanto, mientras mayor sea la masa, mayor resistencia se obtiene al choque de la onda sonora y la atenuación es superior. Predice aislar el sonido en 6 dBA cada vez que duplico la masa en particiones simples. Por lo que no se pueden referir a aislantes acústicos específicos, debido a que corresponde a materiales normales (Sonoflex, 2018).

$$R = 20 \cdot \log (m \cdot f) - 42$$

2.4.3.2. Factor de multicapas

Cuando se trata de elementos de construcción conformados por varias capas, una adecuada disposición de estas puede mejorar el aislamiento acústico hasta un nivel superior al obtenido por la suma del aislamiento individual que cada capa pudiera alcanzar. Cada capa o elemento posee una frecuencia de resonancia que es dependiente del material que lo compone y del espesor, por lo tanto, si el sonido que llega al elemento tiene esa frecuencia originará resonancia y al vibrar el elemento producirá un sonido que se sumará al transmitido. Es por ello que si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, los cuales poseen

frecuencia de resonancia diversas, la frecuencia excesiva que deje pasar la primera capa será absorbida por la segunda (Sonoflex, 2018).

2.4.3.3. Factor de disipación

Es posible obtener un eficiente aislamiento si se coloca entre dos capas un material absorbente. Estos materiales generalmente son de poca densidad, entre 30 kg/m^3 y 70 kg/m^3 , con una cantidad de poros elevada, además que también son usualmente colocados porque actúan como aislantes térmicos. Un material absorbente ubicado en el espacio cerrado existente entre dos tabiques paralelos optimiza el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. Existen variedad de materiales absorbentes tradicionales, aunque la mejor opción son los materiales llamados espumas fonoabsorbentes, siendo actualmente los más utilizados en este tipo de construcciones (Sonoflex, 2018).

2.4.4. Niveles sonoros admisibles en el Distrito Metropolitano de Quito

La Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito de 2007, (Ordenanza que sustituye el Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito) en el Capítulo II, establece todo lo concerniente a la regulación de actividades que originen o produzcan emisiones contaminantes de vibraciones y ruidos, dividiéndolos en fuentes emisoras de ruido móviles y fijas.

2.4.4.1. Emisión de ruidos de fuentes fijas

Establecido en la Sección II, indicando en el Art. II.361 de la Ordenanza 213 de 2007 del Distrito Metropolitano de Quito indica que serán establecidas zonas de restricción temporal o permanente a la emisión de ruido en áreas que colinden a centros hospitalarios y establecimientos encargados de la atención de personas con necesidad de recuperación o tratamiento.

El Art. II.363, de la mencionada Ordenanza 213 de 2007, señala que en las actividades de carga o descarga de mercancías u objetos realizados en la vía pública, no deben superar un nivel de 55 dB(A) en un horario comprendido entre las 6 am y las 8 pm y de 45 dB(A) de las 8 pm a las 6 am.

Tabla 2 Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	LÍMITES DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	55	45
Zona Residencial	60	50
Zona Residencial mixta	65	55
Zona Comercial	65	55
Zona Comercial mixta	70	60
Zona Industrial	75	65
Zonas de Preservación de Hábitat	60	50

Tomado de: (Resolución N° 0002-DMA-2008)

2.4.4.2. Emisión de ruidos de fuentes móviles

Correspondiente a la Sección III, estableciendo el Art. II.365 de la Ordenanza 213 de 2007 del Distrito Metropolitano de Quito indica la prohibición de vuelo de aeronaves de hélice a una altura inferior a 300 metros, mientras que los de turbina los regula a una altura inferior a 500 metros, sin que el nivel de ruido producido exceda lo establecido en tratados y normas internacionales.

El Art. II.365.3 de la Ordenanza 213 de 2007 señala que para efectos de provenir y controlar la contaminación por la emisión de ruido producida por motocicletas, automóviles, autobuses, camiones, tractocamiones y demás transporte similar se establece el nivel permitido en la Norma Técnica aprobada por Resolución No 003 del 14 de octubre del 2005.

El Art. II.365.6 de la Ordenanza 213 de 2007 prohíbe emitir ruidos en las zonas urbanas producidos por dispositivos sonoros, tales como bocinas, campanas,

silbatos, sirenas o timbres, instalados en cualquier vehículo, excepto casos de emergencia, vehículos de bomberos y policía, así como ambulancias, cuando estas realicen servicios de atención de emergencia o urgencia.

Tabla 3 Niveles permitidos de ruido para automotores

Categoría de vehículo	Descripción	Velocidad del motor en la prueba (rpm)	NPS máximo [dB(A)]
Motocicletas o similares	Motocicletas y todo tipo de vehículos con transmisión de cadena, con motores de 2 o 4 tiempos	De 4.000 a 5.000	90
Vehículos livianos	Automotores de 4 ruedas con un peso neto vehicular que no supere los 3.500 kg.	De 2.500 a 3.500	88
Vehículos pesados para carga	Automotores de 4 ruedas o más que sean empleados para el transporte de carga, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kg.	De 1.500 a 2.500	90
Buses, busetas	Automotores pesados destinados al transporte de personas, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 Kg.	De 1.500 a 2.500	90

Tomado de: (Resolución N° 0002-DMA-2008)

2.5. Aserrín

Se conoce como aserrín al desecho pulverizado de la madera sólida, por lo tanto, está compuesta básicamente por celulosa, con mayor densidad que el agua, aunque varía dependiendo del tipo de madera. Sin embargo, la madera seca, flota en el agua como consecuencia de la porción de volumen que tiene gran número de cavidades celulares ocupadas por aire (Serret, Giralt, & Quintero, 2016).

Según las normas para la clasificación de los agregados para bloques de concreto, emitidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM Standard), el aserrín forma parte de los agregados ligeros, es por ello que es usado fundamentalmente para otorgar ligereza al producto final, además de aislante térmico y aglomerante, debido al alto contenido en celulosa que posee (González, 2013).

2.5.1. Aserrín usado como aislante acústico

El potencial de aislamiento acústico de un material se encuentra relacionado con la densidad del material y la frecuencia del sonido, por lo tanto, la densidad de la madera se encuentra representada por la cantidad de masa en un determinado volumen, es decir, que las maderas más pesadas tienen mayor densidad, lo que indica que todos aquellos elementos usados en la construcción, fabricados o compuestos con especies de mayores densidades como lo son las maderas tropicales ofrecen un excelente aislamiento acústico (Maderea, 2015).

En el caso del aserrín que posee una estructura porosa, tiene la capacidad de absorber energía mecánica, la cual es transportada por las ondas sonoras que se transforman en calor por rozamiento, es decir, debido a la composición porosa absorbe las ondas y las transforma, haciendo más difícil que la atreviesen, convirtiéndose en un excelente aislante acústico (Maderea, 2015).

2.6. Bloques de hormigón

Los bloques y ladrillos de hormigón, son elementos arquitectónicos tradicionales que se integran con el ambiente, constituyendo un elemento básico de la arquitectura contemporánea en el mundo. Son definidos como piezas prefabricada a base de cemento, agua, áridos finos o gruesos, naturales o artificiales, que pueden presentar adiciones y aditivos, incluso pigmentos, de forma sensiblemente ortoédrica, con una relación altura/anchura inferior a 6 y altura/longitud inferior a 1, sin armadura alguna y con una densidad seca absoluta que suele estar comprendida entre 1.700 kg/m³ y 2.400 kg/m³ (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón, 2012).

2.6.1. Tipos y formatos de piezas

El hormigón se divide en varios tipos de acuerdo a las siguientes consideraciones:

2.6.1.1. Según presencia de armaduras de refuerzo

- **Hormigón simple:** No poseen armaduras.
- **Hormigón armado:** Con armaduras.
- **Hormigón precomprimido:** Con armadura principal tensada y armadura secundaria (Paez, 2015).

2.6.1.2. Según la densidad aparente

- **Hormigón liviano o ligero:** Pueden ser empleados para relleno o aislante, o bien ser estructurales con una densidad aparente que oscila entre 300 kg/m³ y 1.800 kg/m³.
- **Hormigón corriente:** Con densidad aparente que varía entre 2.000 kg/m³ y 2.800 kg/m³ y la resistencia a la compresión puede superar los 700kg/cm².
- **Hormigón pesado:** La densidad aparente varía entre 3.000 kg/m³ y 4.500 kg/m³ y la resistencia a la compresión se puede asimilar a la del hormigón corriente (Paez, 2015).

2.6.1.3. Hormigones con materiales especiales

Corresponde a hormigones más particulares, que en la composición contienen fibras con azufre, con polímeros, etc. (Paez, 2015).

2.6.1.4. Hormigones con tecnologías especiales

- Hormigón compactado con rodillo.
- Hormigón de grava inyectada.
- Hormigón proyectado (Paez, 2015).

En el caso del formato la pieza estándar posee perforaciones en el eje normal al plano de asiento, con la finalidad de disminuir el peso de la pieza, incrementar la capacidad de aislamiento térmico y facilitar la introducción de armado vertical.

Como opción o alternativa para la construcción se producen medios bloques, bloques con una y dos caras perpendiculares lisas empleados para comienzos, terminaciones y esquinas. Asimismo, existen variedad de piezas especiales diseñadas para ser usadas en dinteles, esquinas y pilares. Por otra parte, las posibilidades de fabricación de piezas de hormigón diseñadas de manera especial para satisfacer los gustos o necesidades del técnico son ilimitadas, obteniéndose piezas de cualquier forma, acabado superficial y color (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón, 2012).

En el caso de los bloques de hormigón arquitectónico son confeccionados con mayor proporción de cemento, mayor periodo tiempo de vibrado y compactado. Con la finalidad de incrementar el nivel de resistencia estructural, lo que les otorga una mayor densidad, absorción mínima de humedad y óptima calidad de textura superficial (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón, 2012).

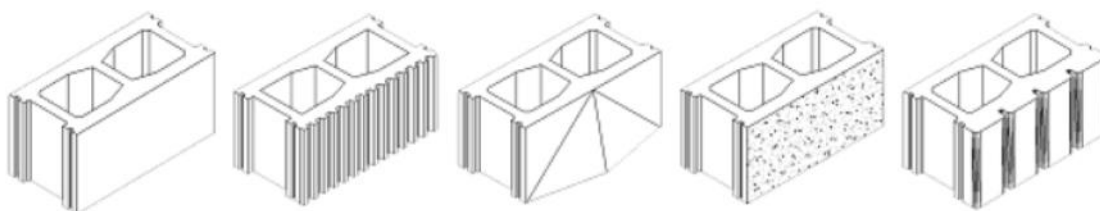


Figura 11 Bloque hueco (con distintos tipos de acabado superficial)
Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

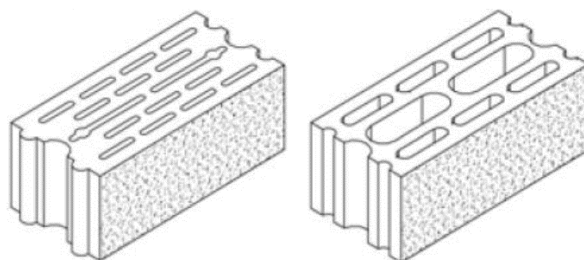


Figura 12 Bloque multicámara
Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

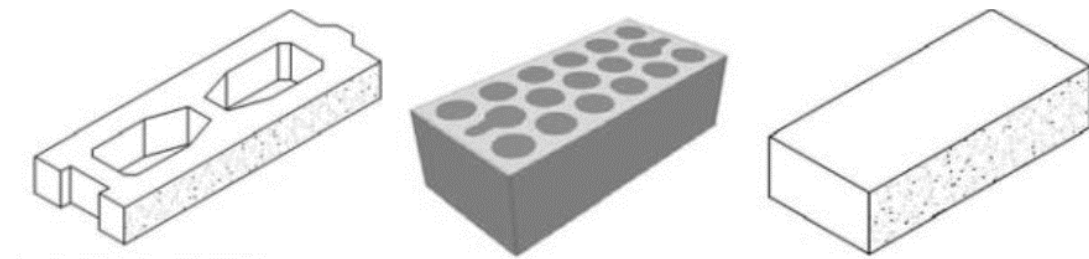


Figura 13 Ladrillo de hormigón

Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

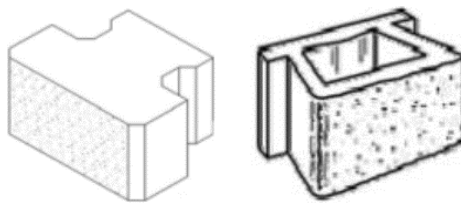


Figura 14 Piezas para muros de contención

Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

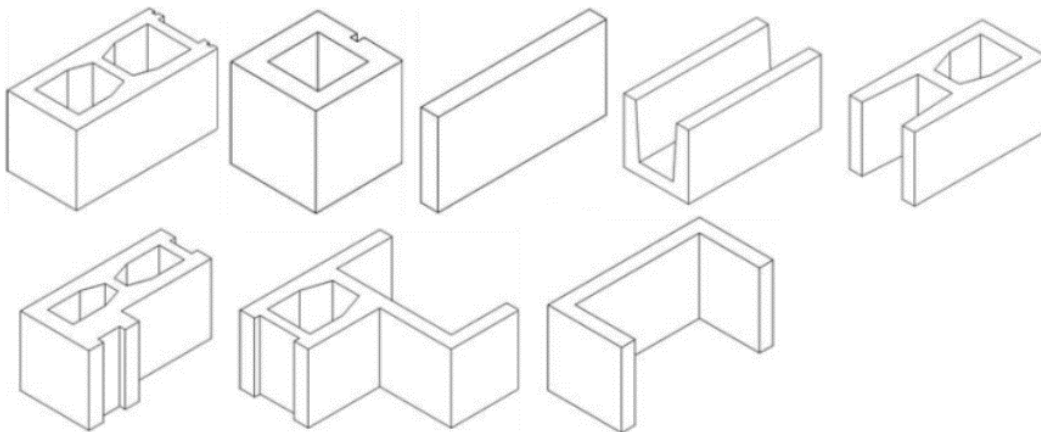


Figura 15 Piezas especiales

Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

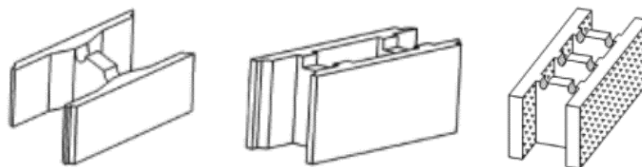


Figura 16 Bloques de encofrado

Tomado de: (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

2.6.2. Características técnicas

Tabla 4 Especificaciones técnicas del hormigón

HORMIGONES PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
Clasificación	Hormigón tipo H13, H17 y H21
Resistencia característica mínima	H13 = 130 kg/cm ² H17 = 170 Kg/cm ² H21 = 210 Kg/cm ²
Tipo de cemento	Puzolánico
Contenido mínimo de cemento	H13 = 260 Kg/cm ³ H17 = 300 Kg/cm ³ H21 = 340 Kg/cm ³
Razón agua – cemento máximo	0,5
Asentamiento	H13 = 10 cm (Tolerancia ± 2 cm) H17 = 10 cm (Tolerancia ± 2 cm) H21 = 5 cm (Tolerancia ± 2 cm)
Tamaño máximo del agregado grueso	32 mm

Tomado de: (Confluencia, 2016)

2.6.3. Aplicaciones

Adicional a los componentes básicos del hormigón, es importante considerar la densidad del material, característica que se determina en función de la cantidad de piedras que se adicionen a la mezcla. Esta propiedad es de vital importancia debido que aporta la resistencia necesaria requerida dependiendo del tipo de obra y las cargas que soporta la estructura. Como consecuencia de esto la aplicación y uso será dependiente de la densidad que posea.

Liviano: Generalmente tiene un peso que oscila entre 800 y 1.800 Kg/cm³, requiere la incorporación de aire y aditivos específicos. Se utiliza para rellenar o nivelar azoteas, construir contrapisos, tabiques no estructurales y para cañerías.

- **Normal:** El peso es superior a los 2.000 Kg/cm³ y forma parte de las estructuras armadas que sirven de base a las obras, como bóvedas, cimientos, paredes, pavimentos y pilares, siendo usado también en elementos decorativos.

- **Pesado:** Se le añaden aditivos más densos, superando la composición los 3.000 kg/cm^3 , que lo hace especialmente útil para blindar estructuras, bloquear la radiación, contrapesos para puentes y algunas variedades de fundaciones.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la investigación

El estudio tiene un diseño experimental, debido a que se establecen las causas y efectos de los problemas de aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón, manipulando la variable independiente con el fin de observar los efectos sobre la variable dependiente.

3.2. Alcance de la investigación

El alcance del estudio es del tipo exploratorio, debido a que la temática abordada ha sido poco investigada.

Al respecto, Hernández, Fernández, & Baptista. (2014), definen el alcance exploratorio de una investigación como una idea hipotética o teórica. Donde un investigador ha observado algo y busca entender más sobre eso. Un proyecto de investigación exploratoria es un intento de sentar las bases que conduzcan a futuros estudios, para determinar si la observación realizada puede ser explicada por una teoría actualmente existente.

3.3. Modalidad de la investigación

En el estudio la modalidad empleada es de campo, ya que los datos son tomados directamente del contexto real, tomando en consideración en este particular los problemas de aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón.

3.4. Método de la investigación

En el estudio se empleó el método inductivo, ya que este tipo de razonamiento funciona, pasando de observaciones específicas a generalizaciones y teorías más amplias.

En el razonamiento inductivo, se realizó observaciones y medidas específicas, para detectar patrones y regularidades, formulando algunas hipótesis tentativas que se puedan explorar, y finalmente desarrollar conclusiones en relación a la elaboración de una guía de construcción para solucionar problemas de aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón usando aserrín pulverizado.

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

En la investigación se empleó como técnica la observación directa, debido a que permite un proceso más sistemático y estructurado, utilizando formularios de registro de observación (Anexo 5). La principal ventaja de esta es que el proceso de aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón usando aserrín pulverizado, se analizó en el entorno natural propio, proporcionando así una mejor comprensión del tema.

3.5.2. Instrumentos

El instrumento para la recolección de datos utilizado fue una hoja de registro donde se apuntaron todas las mediciones realizadas con la aplicación androide SPL Meter.

3.6. Variables

- **Variable independiente:** Bloque de Hormigón
- **Variable dependiente:** Aislamiento acústico
- **Variable interviniente:** Aserrín

3.7. Normativa

En Ecuador en los últimos años, el empleo de bloques huecos de hormigón prensado, ha incrementado considerablemente, obteniendo una buena recepción en todo tipo de edificaciones debido a que, son utilizados en la construcción de paredes soportantes, divisorias no soportantes y losas alivianadas de hormigón armado; por poseer durabilidad, bajo costo de mantenimiento e inversión en producción por la poca tecnología que exige, hace que la fabricación sea fácil y rápida.

Además, se pueden utilizar para la fabricación los áridos residuales que no se usan en otras aplicaciones. Según la norma NTE INEN 638-2014: cemento Portland, agregados minerales (árido fino, árido grueso) y muy poca cantidad de agua. Los áridos utilizados pueden ser finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados, de densidad normal o ligeros, el tamaño máximo (diámetro) del árido deberá pasar por un tamiz (cernidor-coladera-malla) de 10 mm. Luego se mezclan los materiales (por lo general en proporción de 1:12, “cemento: árido”), se añade al molde, se comprime con prensa automática o de forma manual y se saca del molde (éstos pueden ser reutilizables). La cantidad de cada material y presión de prensa se ajustará de acuerdo con la zona geográfica de la obra.

NTE INEN 638-2014: ... “5.1.- Los bloques huecos de hormigón se clasifican, de acuerdo al uso, en cinco clases, como se indica en la tabla 4.

Tabla 5 Clasificación de los bloques, de acuerdo a la aplicación.

Clase	Uso
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento
	Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento
	Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento
E	Losas alivianadas de hormigón armado

Tomado de: NTE INEN 638-2014

NTE INEN 638-2014: ... “5.2.- Los bloques huecos de hormigón se clasifican, de acuerdo con la densidad, en tres tipos, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 6 Clasificación de los bloques, de acuerdo a la densidad.

Tipo	Densidad del hormigón (kg/m ³)
Liviano	Menor a 1680
Mediano	De 1680 a 2000
Normal	Mayor a 2000

Tomado de: NTE INEN 638-2014

NTE INEN 638-2014: ... “6.2 Dimensiones. - El espesor de las paredes de los bloques no debe ser menor de 25 mm, en los bloques clase A y B; y de 20 mm en los bloques tipo C, D y E. La dimensión real de un bloque debe ser tal que, sumada al espesor de la junta, dé una medida modular.

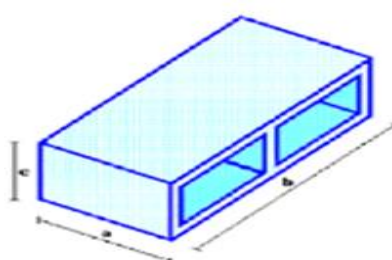
Los bloques deben tener las dimensiones indicadas en la Tabla 7.

Tabla 7 Dimensiones de los bloques.

TIPO	DIMENSIONES NOMINALES (cm)			DIMENSIONES EFECTIVAS (cm)		
	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO
A, B	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
C, D	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
E	40	10, 15, 20, 25	20	39	09, 14, 19, 24	20

Tomado de: NTE INEN 638-2014

Por convenio entre el fabricante y el comprador, podrán fabricarse bloques de dimensiones diferentes de las indicadas en la Tabla 6. Los bloques de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permite una variación mayor de 5 mm.



DIMENSIONES DEL BLOQUE			PESO UNITARIO
a	b	c	
20 cm	40 cm	10 cm	8 Kg
20 cm	40 cm	15 cm	10 Kg
20 cm	40 cm	20 cm	12 Kg
20 cm	40 cm	25 cm	14 Kg

Figura 17 Especificaciones Técnicas del Bloque.

Tomado de: NTE INEN 638-2014

NTE INEN 639-2014: ... "5.2 Resistencia a la compresión. - Al momento de entrega en obra, los bloques deben cumplir con los requisitos físicos establecidos en las tablas 7 y 8.

Tabla 8 Resistencia a la compresión, en bloques no soportantes.

Descripción	Resistencia a la compresión en (MPa)*
Promedio de 3 bloques	4.00
Bloque individual	3.50
*1 MPa = 10.2Kg/cm ² .	

Tomado de: NTE INEN 639-2014

Tabla 9 Resistencia a la compresión, en bloques soportantes

Descripción	Resistencia a la compresión en (MPa)*
Promedio de 3 bloques	6.00
Bloque individual	5.00
*1 MPa = 10.2Kg/cm ² .	

Tomado de: NTE INEN 639-2014

Tabla 10 Ordenanza Metropolitana N° 0123 de 2004



0123

ORDENANZA METROPOLITANA N°

Tabla No. 1. Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas.

Tipo de Zona Según el Uso del Suelo	Nivel de presión Sonora Equivalente →NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección (1)	45	40
Zona Residencial	50	35
Zona Residencial Múltiple (2)	55	45
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 (3)	65	55
Zona Industrial 3 y 4 (4)	70	60

- Notas: (1) Equipamientos de Servicios Sociales.
 (2) Incluye uso comercial y de servicios, uso agrícola residencial, y equipamiento de servicios públicos.
 (3) Incluye uso de aprovechamiento de recursos renovables
 (4) Incluye uso de aprovechamiento de recursos no renovables.

Tomado de: Distrito Metropolitano de Quito. Ordenanzas municipales. Medio Ambiente

Con respecto a la guía propuesta y aplicación, se indica en el artículo 14 que: Los establecimientos industriales, comerciales, de servicios públicos o privados,

y en general toda edificación, deberán construirse de tal forma que permitan un aislamiento acústico suficiente para que el ruido generado en el interior, no rebase los niveles permitidos.

En el Art. 10 de esta Ordenanza, al trascender a las construcciones adyacentes, a los predios colindantes o a la vía pública (independientemente del uso).

En caso de que la edificación se hubiese construido antes de la expedición de esta Ordenanza y que técnicamente no sea posible conseguir este aislamiento acústico, dichas instalaciones deberán reubicarse o relocalizarse, de tal forma que la dispersión sonora cumpla con lo dispuesto en el citado artículo” ...

3.8. Materiales

Para el estudio se utilizó bloques TIPO D de 20cm.(a) x 40cm.(b) x 15cm.(c) y 10 Kg. de peso cada uno. Con una dimensión efectiva de 19cm.(a) x 40cm.(b) x 15cm.(c) y un peso de 13 kg. debido a la densidad que sobrepasa la norma INEN ampliamente, cumpliendo con la tabla 4.



Figura 18 Bloque hueco de hormigón tipo D.



Figura 19 Bloque hueco de hormigón: 20 altura x 40 longitud x 15 de ancho.



Figura 20 Bloque hueco de hormigón tipo D de 13Kg.

En Ecuador, la construcción con bloques huecos de hormigón ha sido creciente como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 11 Materiales por provincia.

PROVINCIA	Materiales					
	Hormigón		Ladrillo o bloque		Adobe o tapia	
	Nro. Viviendas	Porcentaje	Nro. Viviendas	Porcentaje	Nro. Viviendas	Porcentaje
AZUAY	5.931	3,2%	127.658	69,4%	38.250	20,8%
BOLIVAR	1.581	3,4%	26.224	55,7%	10.214	21,7%
CAÑAR	3.412	5,9%	39.969	69,7%	7.656	13,3%
CARCHI	794	1,9%	28.333	66,0%	11.617	27,1%
COTOPAXI	3.604	3,5%	81.793	80,3%	9.169	9,0%
CHIMBORAZO	4.923	4,0%	98.147	79,8%	15.636	12,7%
EL ORO	21.806	13,7%	115.506	72,6%	2.323	1,5%
ESMERALDAS	11.192	8,7%	69.815	54,2%	597	0,5%
GUAYAS	125.054	13,3%	650.829	69,2%	2.809	0,3%
IMBABURA	3.916	3,9%	71.107	70,3%	22.418	22,2%
LOJA	7.533	6,6%	59.042	51,9%	40.110	35,3%
LOS RIOS	9.484	4,7%	135.396	67,7%	622	0,3%
MANABI	20.612	6,1%	195.970	58,0%	692	0,2%
MORONA SANTIAGO	4.035	12,3%	7.624	23,3%	104	0,3%
NAPO	2.217	9,9%	9.135	40,9%	97	0,4%
PASTAZA	1.778	9,1%	8.150	41,9%	65	0,3%
PICHINCHA	100.619	14,0%	564.311	78,3%	44.881	6,2%
TUNGURAHUA	10.687	7,8%	118.371	86,1%	4.079	3,0%
ZAMORA CHINCHIPE	1.863	8,9%	10.250	48,8%	613	2,9%
GALAPAGOS	1.048	14,6%	5.790	80,9%	17	0,2%
SUCUMBIOS	3.100	7,2%	19.854	46,4%	140	0,3%
ORELLANA	1.711	5,5%	10.147	32,3%	96	0,3%
SANTO DOMINGO	8.531	9,1%	72.702	77,3%	372	0,4%
SANTA ELENA	4.372	5,9%	52.921	71,2%	342	0,5%
ZONAS NO DELIMITADAS	258	3,3%	3.751	47,9%	15	0,2%

Número de viviendas particulares por tipo de material de las paredes según provincias

Ultimo censo realizado en 2014 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC

Tomado de: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (2014)

Además, 400 g de aserrín pulverizado para cada orificio del bloque de hormigón multiplicado por 3, para un total de 1200 g.

3.9. Procedimiento

Para la ejecución de la propuesta se realizaron los siguientes procedimientos:

1. Como primer paso se procedió a seleccionar el lugar de aplicación de la propuesta, siendo escogida la Parroquia Puembo del Distrito Metropolitano de Quito.
2. Para la preparación del terreno de 1,20 m x 1,30 m, en el cual se realizó la construcción de las edificaciones de prueba del estudio, se procedió a retirar la basura, yerba, arbustos y escombros. De igual manera, se prosiguió a ejecutar la nivelación del terreno.
3. Como parte de la experimentación se realizaron dos estructuras iguales de bloques de hormigón de 1,20 m x 1,30 m; una de las edificaciones se elaboró con bloque de hormigón vacío con un peso total de 1300 Kg ya que se utilizaron 100 bloques, nombrada como Área 2 en esta guía; y, la otra edificación relleno los huecos de cada bloque con 1200 g de aserrín pulverizado por cada uno, obteniendo un peso total de 1420 Kg, nombrada como Área 1. Cabe señalar que el profesional calculista deberá tomar en cuenta el aumento de peso del 9,23%, si usa esta técnica para la edificación.
4. El aserrín pulverizado se introdujo manualmente en cada orificio del bloque hueco de hormigón en el mismo momento que se construyó las paredes de las estructuras (se puede considerar la utilización de fundas o bolsas plásticas gruesas colocadas en cada cavidad del bloque, antes de la introducción del aserrín pulverizado, para evitar la humedad por efectos del mortero o argamasa y por efectos naturales perjudiciales posteriores

como los hongos y moho) evitando el exceso de agua, ya que los bloques deben estar humedecidos más no inundados.

5. Para la preparación de los bloques de hormigón con aserrín pulverizado (tomar en cuenta de que se obtiene un mejor resultado si se considera el punto 4 para evitar la humedad y posterior creación de hongos y moho), se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. Con un bloque muestra introducir manualmente el aserrín pulverizado para establecer la cantidad o volumen a usarse en cada uno. (400 g de aserrín pulverizado en cada orificio multiplicado por 3 que tiene cada bloque son 1200 g).

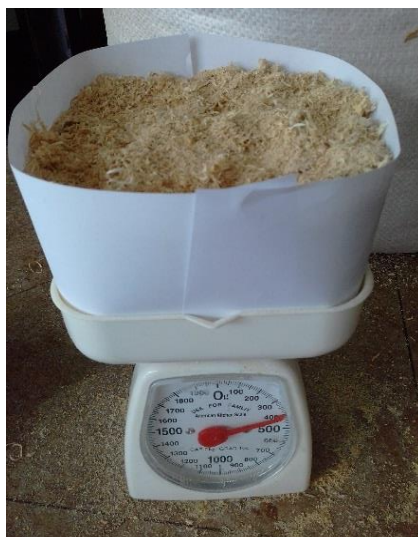


Figura 21 Pesaje del aserrín pulverizado
Nota: son 400 g, para cada orificio, con un total de 1200 g.



Figura 22 Introducción inicial del aserrín pulverizado en el bloque.



Figura 23 Introducción media de aserrín pulverizado en orificio de bloque.



Figura 24 Introducción final del aserrín pulverizado dentro de orificio del bloque.

- b. Con los planos arquitectónicos se obtuvo la cantidad total de bloques más un 10 % extra por imprevistos (calculado también por el profesional a cargo), y definiendo el volumen total de aserrín pulverizado. (Anexo 2) Área 1,30 m x 1,20 m. Total 100 bloques para cada área de prueba). (En cada saco entra 11 kilogramos de aserrín pulverizado, dividido para 1200 g en cada bloque, alcanza para 9 bloques considerando 200 g de variación en cada saco. Se necesitó en total 11 sacos equivalentes a 121 Kg).



Figura 25 Saco lleno de aserrín pulverizado



Figura 26 Saco con 11 Kg. de aserrín pulverizado

- c. Se Estableció una ubicación adecuada dentro del proyecto para el bodegaje del aserrín pulverizado, esta fue completamente aislada de la humedad (sitio seco y cubierto), ya que el aserrín pulverizado en contacto con el agua (mojado) disminuirá la densidad y volumen y quedará totalmente inservible.



Figura 27 Almacenaje de aserrín pulverizado

- d. Una vez que se obtuvo la cantidad o volumen total de aserrín pulverizado necesario, se pactó con la empresa proveedora del material, para el traslado (tomando en cuenta de que el transporte debe ser cubierto para evitar que el aserrín se vuele con el viento o peor aún que se moje, ya que quedaría totalmente inútil para el proceso. Además de no cumplir con el objetivo de aislamiento acústico, sería origen de microorganismos como hongos y moho).
- e. Proporcionar mascarillas, protección de oídos, protección de ojos y guantes, a parte de la ropa y equipo normal de protección para el trabajo e instruir a la mano de obra (albañiles, peones, maestros,

etc.), para mantener seco el aserrín hasta llevarlo a la mampostería a construir en ese momento (se utilizará los mismos medios de transporte conocidos como: sacos, tanques y/o baldes secos).

6. Una vez terminada completamente la edificación comprobar el nivel de ruido absorbido mediante mediciones fuera del área aislada y dentro del área con aislamiento, para establecer las medidas disminuidas reales de ruido. (en este caso se realizaron las mediciones en el interior de cada área de prueba 1 con aislamiento y área de prueba 2 sin aislamiento).
7. Se efectuaron mediciones en el punto exacto donde se levantaron las edificaciones, cada hora por el lapso de 24 horas de lunes a viernes; si no es factible, tomar mediciones durante una semana entera en horas pico.
8. Para realizar las mediciones se debe utilizar equipo de medición profesional para obtener datos cien por ciento confiables. En este caso por falta de aquello, se utilizó un software o una aplicación para un teléfono celular con sistema Androide llamada SPL Meter - Medidor de presión de sonido- instalada en un teléfono móvil, realizando las respectivas capturas de pantalla para cada medición. Esta aplicación utiliza el micrófono para detectar el sonido y transformarlo a una medida, los resultados dependen del dispositivo y su hardware. El rango entre el nivel del ruido y la saturación podría superar los 100 dB en los mejores dispositivos.
9. Las características de este medidor SPL incluyen:
 - Dial analógico con indicadores máximos y mínimos.
 - Ponderación: A, C o ninguno. (Una ponderación filtra las frecuencias altas y bajas según cómo el oído perciba el volumen del sonido). Los resultados están en dB, dBA o dBC dependiendo de la ponderación.

- Promedio de botones SPL, Borrar y Pausa.
- Octavas y terceras octavas - Espectro de frecuencia del sonido.
- Gráfico: muestra la dependencia del tiempo del sonido.
- Botón relativo: si busca diferencias, al tocar REL se eliminará el valor promediado actual de la lectura.

3.9.1. Mediciones fuera de área de prueba 1 con aislamiento y 2 sin aislamiento a 5 m. de distancia de fuentes móviles.

Se consideró como fuentes móviles: los vehículos motorizados que pasaban por la vía que se encontraban a 5 m. de distancia de las áreas de prueba, para definir en qué frecuencias: bajas, medias o altas y en qué área se aislaba mejor el ruido.

Lunes



Figura 28 Lecturas tomadas lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 29 Lecturas tomadas lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 30 Lecturas tomadas lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Martes



Figura 31 Lecturas tomadas martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 32 Lecturas tomadas martes: 11h00, 12h00, 13h00, 14h00



Figura 33 Lecturas tomadas martes 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Miércoles



Figura 34 Lecturas tomadas miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 35 Lecturas tomadas miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 36 Lecturas tomadas miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Jueves



Figura 37 Lecturas tomadas jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 38 Lecturas tomadas jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 39 Lecturas tomadas jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Viernes



Figura 40 Lecturas tomadas viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 41 Lecturas tomadas viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 42 Lecturas tomadas viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

3.9.2. Mediciones en interior de área de prueba 2 sin aislamiento a 5m. de fuentes móviles

Lunes



Figura 43 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 44 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 45 Lecturas (Prueba 2) tomadas lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Martes



Figura 46 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 47 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 48 Lecturas (prueba 2) tomadas martes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Miércoles



Figura 49 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 50 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 51 Lecturas (prueba 2) tomadas miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Jueves



Figura 52 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 53 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 54 Lecturas (prueba 2) tomadas jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Viernes



Figura 55 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 56 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 57 Lecturas (prueba 2) tomadas viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

3.9.3. Mediciones en interior de área de prueba 1 con aislamiento a 5 m. de fuentes móviles

Lunes



Figura 58 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 59 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 60 Lecturas tomadas a fuentes móviles el lunes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Martes



Figura 61 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 62 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.

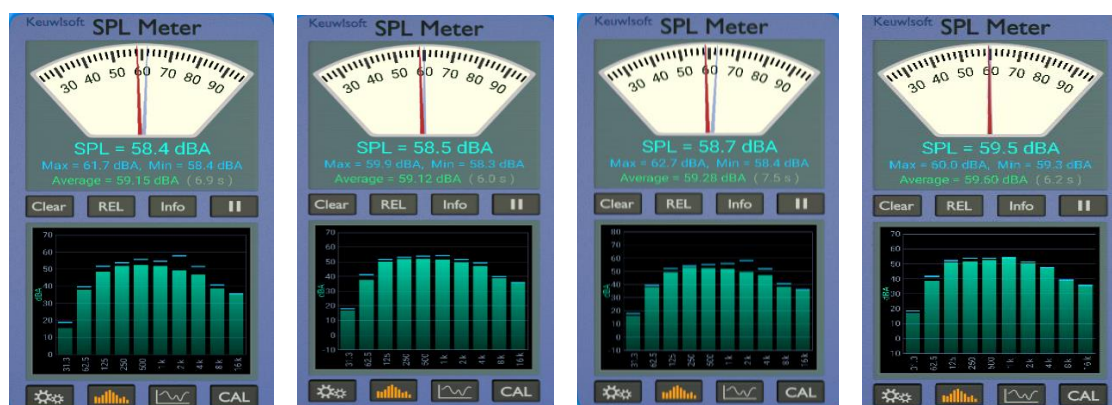


Figura 63 Lecturas tomadas a fuentes móviles el martes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Miércoles



Figura 64 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 65 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 66 Lecturas tomadas a fuentes móviles el miércoles: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Jueves



Figura 67 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 68 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00



Figura 69 Lecturas tomadas a fuentes móviles el jueves: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

Viernes



Figura 70 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 07h00, 08h00, 09h00 y 10h00



Figura 71 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 11h00, 12h00, 13h00 y 14h00.



Figura 72 Lecturas tomadas a fuentes móviles el viernes: 15h00, 16h00, 17h00 y 18h00

3.9.4. Mediciones de ruido emitido por fuente fija ubicada a 1 m. de distancia fuera de áreas de prueba 1 con aislamiento y 2 sin aislamiento (motor de combustión interna 4 tiempos de podadora encendido al máximo)



Figura 73 Medición emitida por fuente fija ubicación 1m. fuera de área 1 con aislamiento.



Figura 74 Medición emitida por fuente fija ubicación 1m. fuera de área 2 sin aislamiento.

3.9.5. Mediciones en interior del área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija ubicada a 1 m. De distancia (2 laterales, 1 frontal)

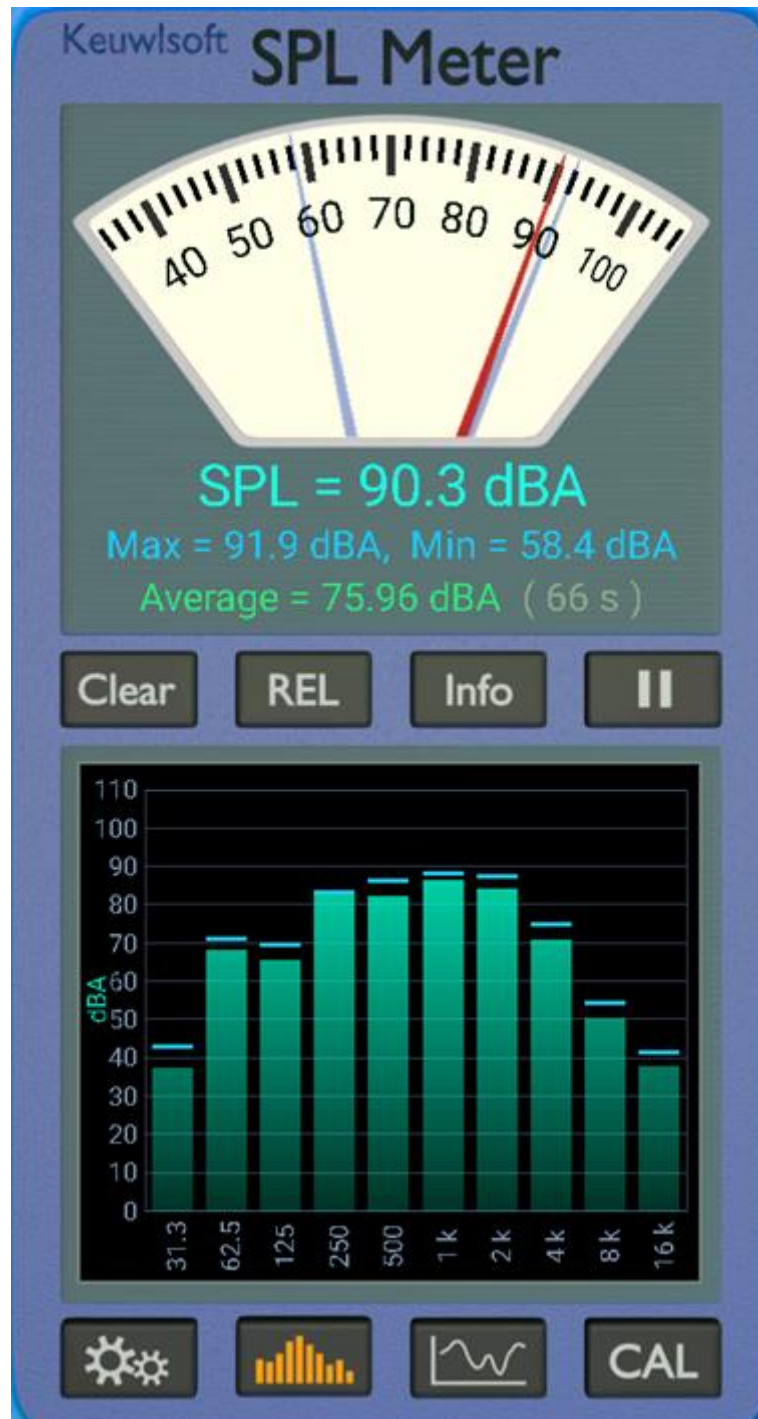


Figura 75 Medición dentro área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación lateral 1

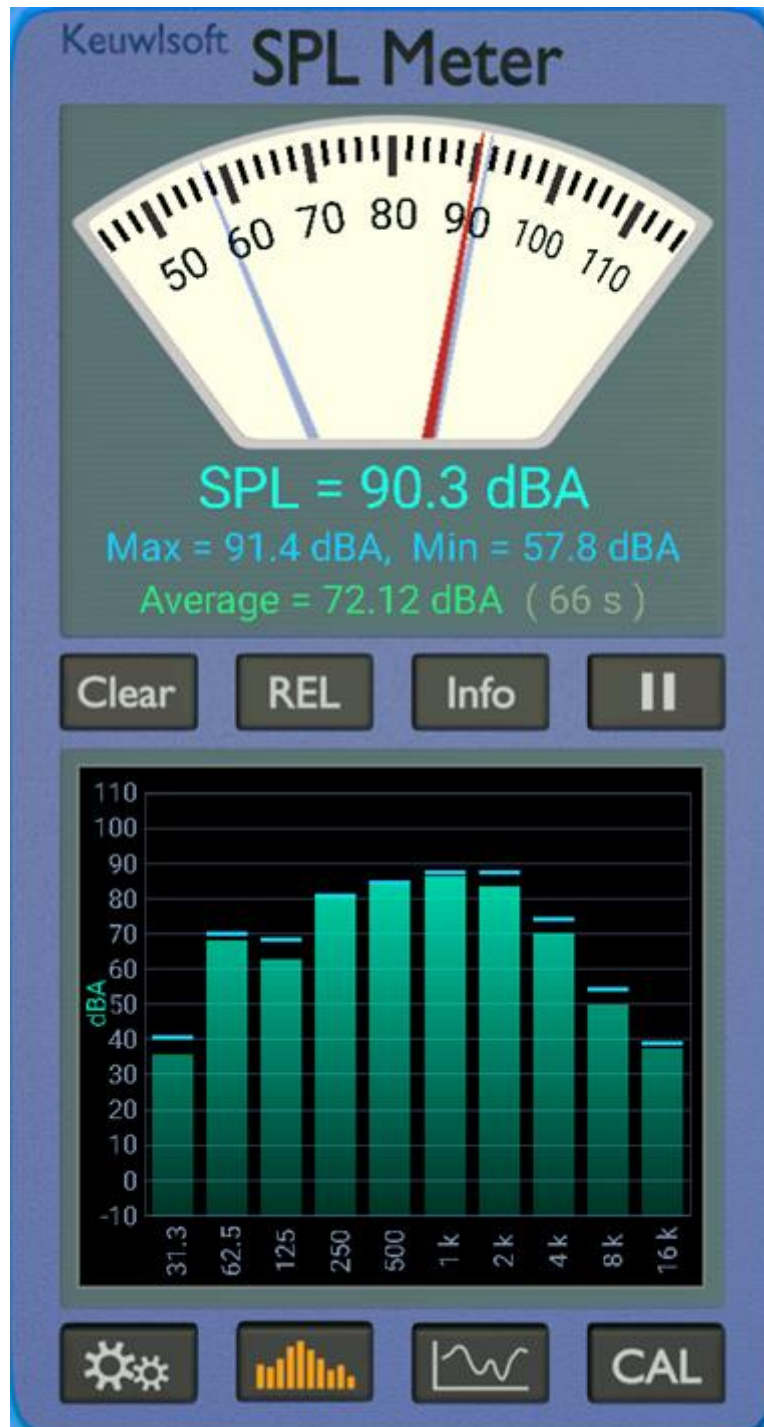


Figura 76 Medición dentro área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación lateral 2



Figura 77 Medición dentro de área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. en ubicación frontal

3.9.6. Mediciones en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal)



Figura 78 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación lateral 1

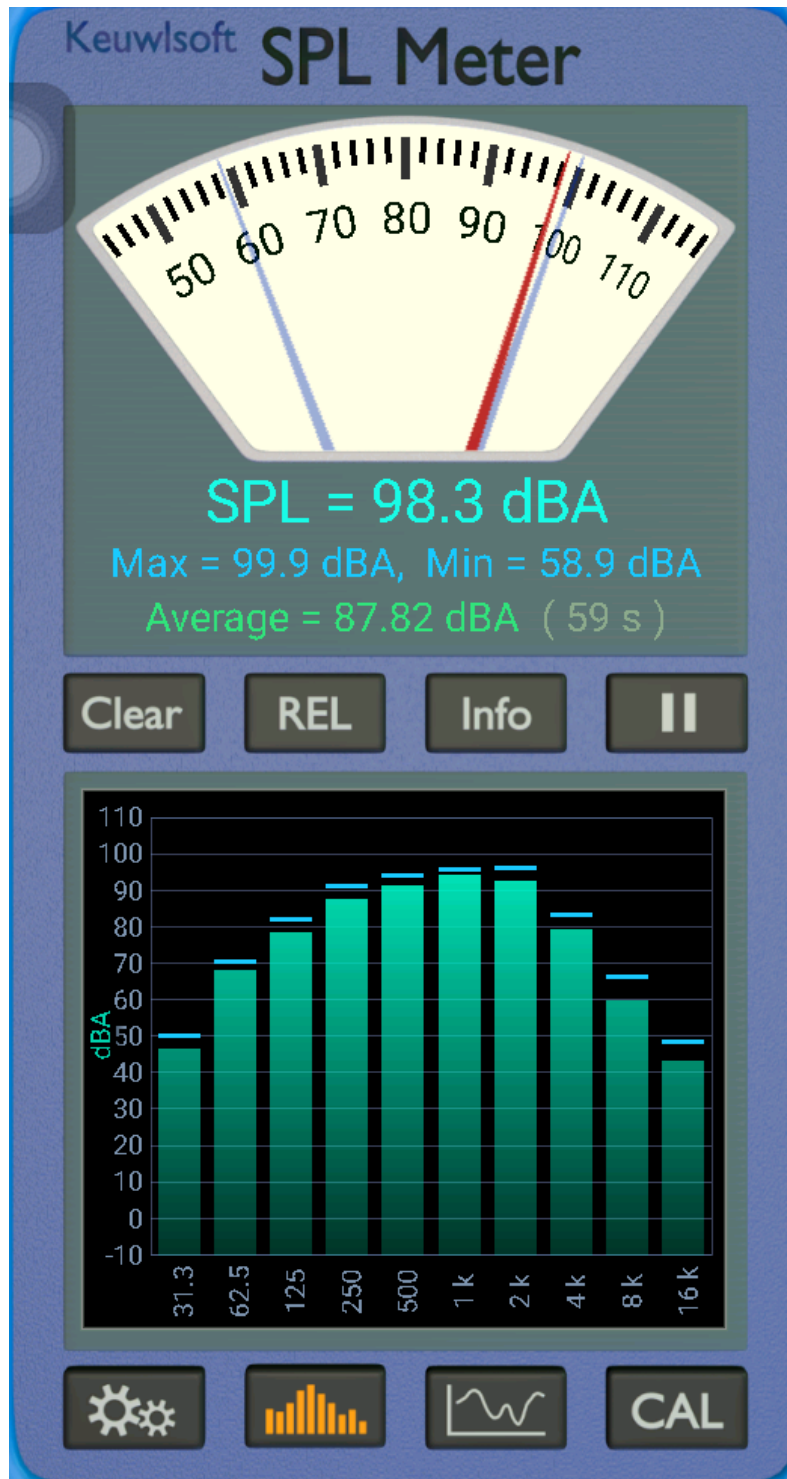


Figura 79 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación lateral 2.

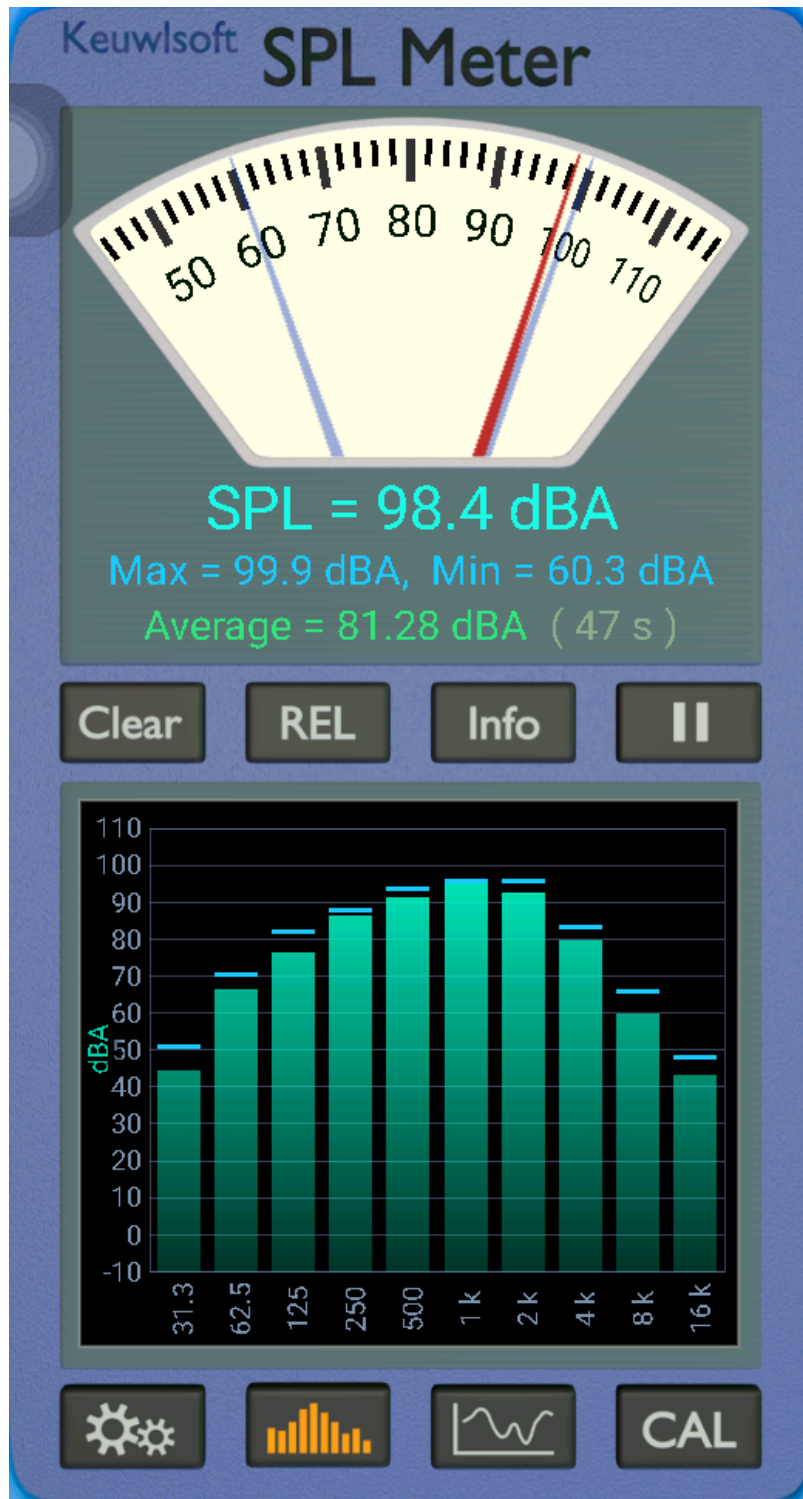


Figura 80 Medición dentro de área 2 sin aislamiento y ruido emitido por fuente fija a 1m. de distancia en ubicación frontal

3.10. Presupuesto y Análisis de precios unitarios

Tabla 12 Presupuesto utilizado en el aislamiento acústico con aserrín pulverizado

Presupuesto Utilizado				
Aislamiento Acústico con Aserrín Pulverizado				
Nombre Proponente: Marco Antonio Idrobo				
Obra: Área de Prueba				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Bloques utilizados (incluido el 10% extra por varios)	u.	220	0.39	85.8
Transporte bloque	U.	220	0.01	2.2
Tierra	M3.		0	0
Agua	L	40	0.02	0.8
Puerta de madera usada	U.	2	0	0
Aserrín pulverizado	Kg.	121	0	0
Tablas de madera para cubierta	U.	6	2.9	17.4
Plástico negro	M.	3	1.4	4.2
Transporte aserrín, tablas y puertas	U.	1	10	10
Guantes de cuero	Par	1	5.96	5.96
Plomada	U.	1	6.05	6.05
SERRUCHO	U.	1	6.85	6.85
Bailejo	U.	1	7.32	7.32
Nivel	U.	1	8.97	8.97
Pico	U.	1	13.5	13.5
Balde	U.	2	5.17	10.34
Clavos 2 1/2"	Kg.	1	1.2	1.2
Pala cuadrada	U.	1	5.65	5.65
Transportes varios	U.	1	10	10
Costo Total				196.24
Mano de obra utilizada				
Proyecto realizado por 1 persona durante tiempo libre en variados días: total 40 horas trabajadas equivalente a 5 días.				

Tabla 13 Análisis de Precios Unitarios

Tesis Aislamiento Acústico con Aserrín Pulverizado					
Nombre Proponente: Marco Antonio Idrobo			Formulario No.:		
Obra: Área de Prueba			Hoja: 0		
Análisis de Precios Unitarios					
Rubro: Mampostería de bloque prensado pesado 40x20x15 cm.			UNIDAD: M ²		
DETALLE:					
EQUIPO					
Descripción	Cantidad (A)	Tarifa (B)	Costo Hora (C=A*B)	Rendimiento (R)	Costo (D=C*R)
Herramienta menor (5% M.O)	1.00	8.88	8.88	0.05	0.44
SUBTOTAL M					0.44
MANO DE OBRA					
Descripción (Categoría)	Cantidad (A)	Jornal/Hr (B)	Costo Hora (C=A*B)	Rendimiento (R)	Costo (D=C*R)
Albañil	1.00	3.55	3.55	0.80	2.84
Peón	1.00	3.51	3.51	0.80	2.81
Maestro mayor	1.00	3.93	3.93	0.10	0.39
SUBTOTAL N					6.04
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (C=A*B)	
BLOQUE PESADO DE 40x20x15	m2	13	0.39	5.07	
MORTERO: CEMENTO-ARENA 1:5	m3	0.02	8.90	0.18	
SUBTOTAL O					5.25
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Tarifa (B)	Costo (C=A*B)	
TRANSPORTE BLOQUERA-OBRA	1 (x Bloque)	220.00	0.01	2.20	
SUBTOTAL P					2.20
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13.93
INDIRECTOS Y UTILIDADES	0.00%				0.00
OTROS INDIRECTOS	0.00%				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13.93
VALOR OFERTADO					13.93
LUGAR Y FECHA: QUITO, ABRIL 2018			FIRMA		
NOTA:					

4. RESULTADOS

4.1. Semana de mediciones en decibeles (dB) tomadas fuera de áreas de prueba con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 m. de distancia, clasificadas por día y hora.

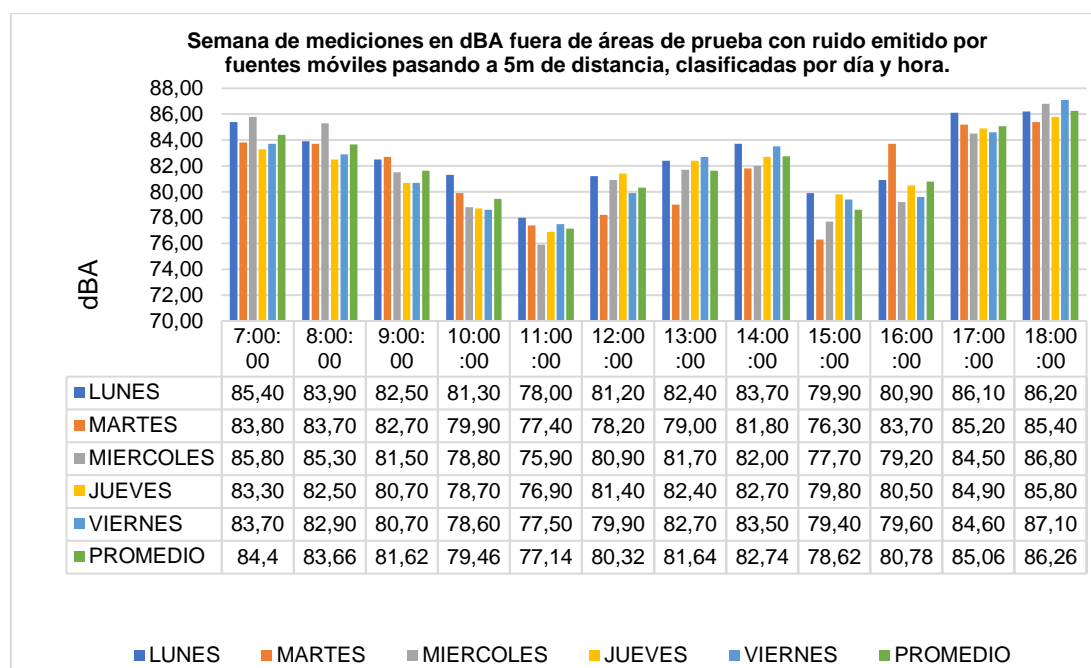


Figura 81 Semana de mediciones en dBA tomadas fuera de áreas de prueba con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 metros de distancia, clasificadas por día y hora.

En las mediciones obtenidas por hora y día de la semana, fuera de las áreas de prueba con fuentes móviles circulando a 5 metros de distancia de las áreas mencionadas, que fueron tomadas cada hora desde las 07h00 hasta las 18h00 de lunes a viernes, se observó que el promedio de las lecturas de todos los días para cada hora en dBA, de las 7:00 am fue de 84,4 dBA, mientras que para el horario de 8:00 am es de 83,66 dBA, el de 9:00 am obtuvo una medición de 81,62 dBA, disminuyendo la lectura en el de 10:00 am a 79,46 dBA, en tanto para 11:00 am minimizo un poco más la lectura a 77,14 dBA, sin embargo para las 12:00 pm hubo un incremento obteniendo una lectura de 80,32 dBA, este incremento se siguió presentando a las 13:00 y 14:00 con una medición de 81,64 y 82,74 dBA respectivamente, no obstante en el horario de las 15:00 hubo

una disminución obteniendo una medición de 78,62 dBA, desde las 16:00 hasta las 18:00 se evidencio un aumento en las mediciones obteniendo lecturas de 80,78; 85,06 y 86,26 respectivamente.

Por lo que se considera que las horas pico con mayor número de fuentes móviles y mayor ruido durante la semana son:

- En la mañana de 07h00 a 09h00,
- Al medio día de 12h00 a 14h00, y,
- En la tarde de 16h00 a 18h00
- Y que el ruido se propaga por el aire o a través de éste.

4.2. Semana de mediciones en decibeles (dBA) tomadas en interior de área de prueba 2 (sin aislamiento) con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, clasificadas por día y hora.

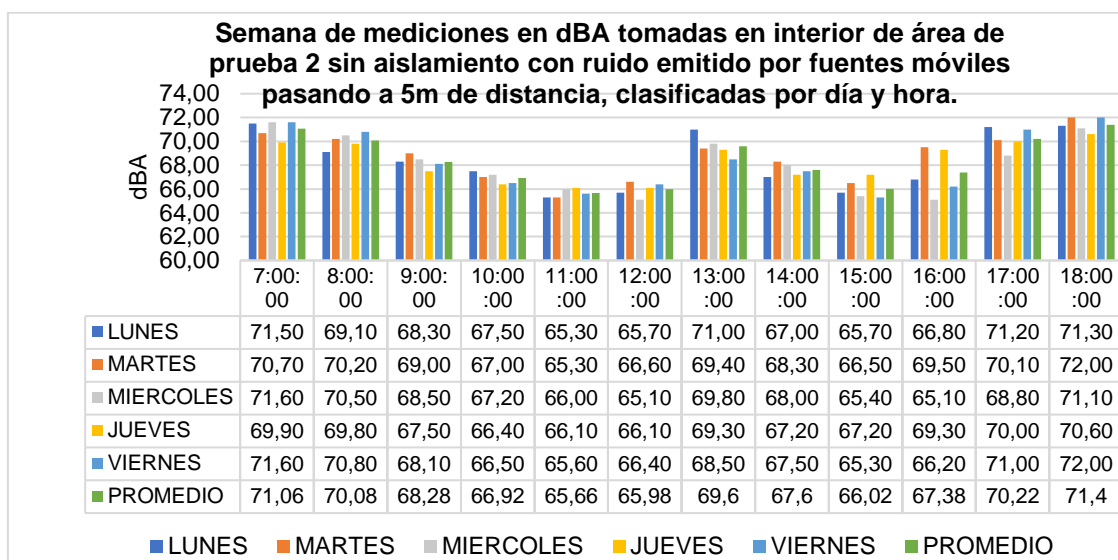


Figura 82 Semana de mediciones tomadas en interior de área de prueba 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5 metros de distancia, clasificadas por día y hora.

En las mediciones obtenidas dentro del área de prueba 2 con fuentes móviles a 5 metros de distancia tomadas cada hora desde las 07h00 hasta las 18h00 de lunes a viernes, se observó que el promedio de las lecturas de todos los días para cada hora en decibeles de las 7:00 am fue de 71,06 dBA, mientras que para el horario de 8:00 am es de 70,08 dBA, el de 9:00 am obtuvo una medición de 68,28 dBA, disminuyendo la lectura en el de 10:00 am a 66,92 dBA, en tanto para 11:00 am minimizo un poco más la lectura a 65,66 dBA, sin embargo para las 12:00 pm hubo un incremento obteniendo una lectura de 65,98 dBA, este incremento se siguió presentando a las 13:00 con una medición de 69,60 dBA, no obstante en el horario de las 14:00 y 15:00 hubo una disminución obteniendo una medición de 67,6 y 66,02 dBA respectivamente, por último desde las 16:00 hasta las 18:00 se evidencio un aumento en las mediciones obteniendo lecturas de 67,38; 70,22 y 71,4 respectivamente. Por lo que se evidencia mayores mediciones en las horas consideradas como pico, lo que no representa que la disminución del ruido sea mayor o menor con respecto al ruido emitido por las

fuentes móviles, considerando que la energía transmitida a través del aire atraviesa las paredes del área de prueba 2 sin aislamiento.

4.3. Reducción del ruido en el área de prueba 2 (sin aislamiento) en decibeles (dBA) con ruido emitido por fuentes móviles, clasificado por hora del día.

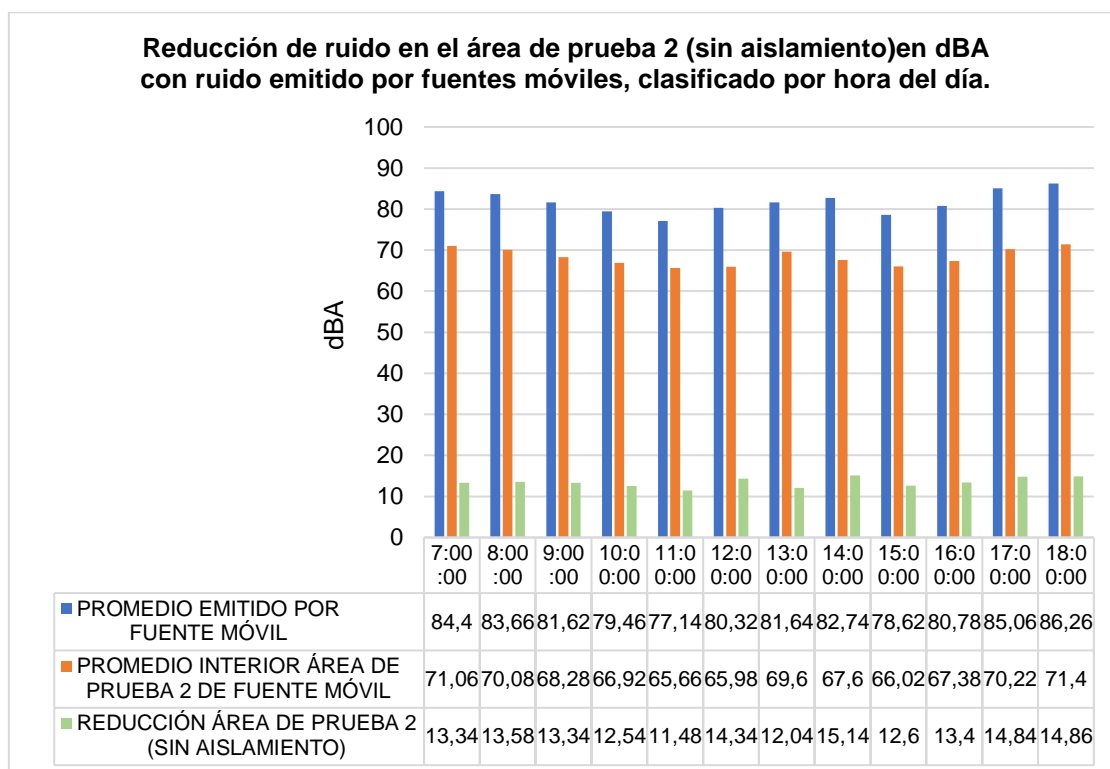


Figura 83 Reducción de ruido en el área de prueba 2 (sin aislamiento) en dBA con ruido emitido por fuentes móviles, clasificado por hora del día.

Comparando los promedios de ruido obtenidos en las mediciones tomadas dentro del área de prueba 2 sin aislamiento y el promedio emitido por las fuentes móviles, se obtuvo como resultado que la reducción de ruido para cada hora del día desde las 7:00 am hasta las 18:00 pm fueron de 13,34; 13,58; 13,34; 12,54; 11,48; 14,34; 12,04; 15,14; 12,6; 13,4; 14,84; 14,86 dBA respectivamente, destacando que la menor lectura (11,48 dBA) fue en el horario de las 11:00 am y la mayor medición (14,86) a las 18:00 pm. Y en donde se observa que la diferencia entre mediciones o rango de mediciones está dentro de los 3,38 dBA.

4.4. Ruido en decibeles (dBA) por frecuencia MHz emitido por fuente fija (motor 4 tiempos de podadora), ubicada a 1m de distancia de cada área de prueba.

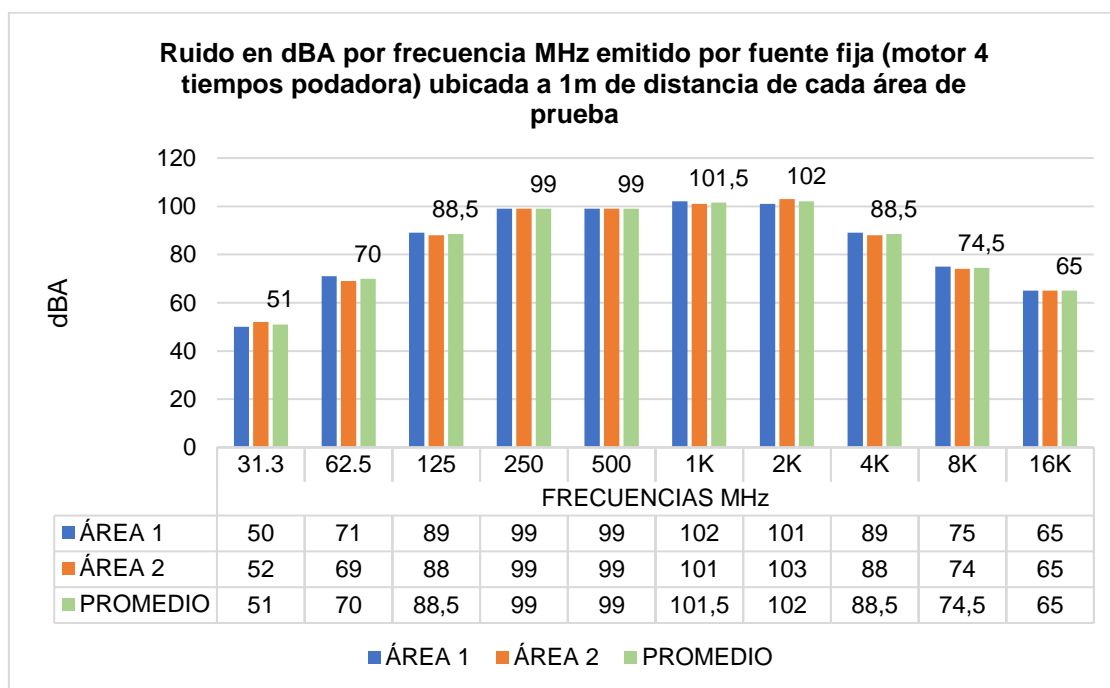


Figura 84 Ruido en decibeles (dBA) por frecuencia MHz emitido por fuente fija (motor 4 tiempos de podadora), ubicada a 1m de distancia de cada área de prueba.

El promedio de ruido de las mediciones obtenidas al utilizar una podadora como fuente fija, con un motor de 4 tiempos, encendida al máximo en dos áreas pruebas distintas arrojaron los siguientes resultados: para una frecuencia de 31,3 MHz fue de 51 dBA, mientras para 62,5 Hz la cantidad de ruido emitido en las lecturas es de 70 dBA, en tanto para 125 Hz la lectura obtenida fue de 88,5 dBA, sin embargo, para las frecuencias de 250Hz y 500 Hz las lecturas obtenidas fueron de 99 dBA respectivamente, siguiendo en aumento para las frecuencias de 1 KHz y 2 KHz obteniendo así una lectura de 101,5 dBA, no obstante se evidencio una notable disminución para las frecuencias de 4, 8 y 16 KHz, obteniendo de lectura valores individuales en dBA de: 88,5; 74,5 y 65 respectivamente. Por lo que se determina que las lecturas más altas corresponden a las frecuencias medias o tonos medios (octavas de 5ta. 6ta. y 7ma. de 256 Hz a 2 KHz) y a las frecuencias altas o tonos agudos (3 últimas

octavas de 2 KHz hasta poco más de 16 KHz) mientras que las lecturas menores corresponden a las frecuencias bajas o tonos graves (4 primeras octavas de 16 Hz a 256 Hz) siendo conocidas estas últimas frecuencias como las más difíciles de aislar debido a su mayor energía y facilidad para traspasar cualquier elemento barrera. Estas lecturas o mediciones serán tomadas en cuenta para futuras comparaciones con respecto a frecuencias.

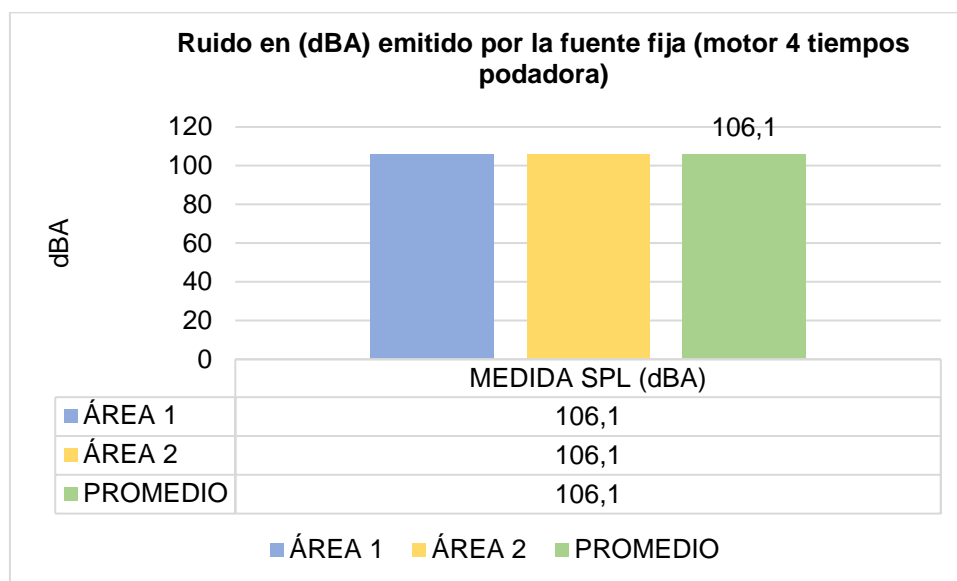


Figura 85 Ruido en (dBA) emitido por la fuente fija (motor 4 tiempos podadora)

Las mediciones de ruido obtenidas con el SPL (dBA) al utilizar una podadora como fuente fija, con un motor de 4 tiempos encendido al máximo, arrojaron como resultado que tanto la medición a un metro de distancia del área 1 y del área 2 tienen un valor de 106,1 dBA. Resultando como promedio el mismo valor a ser tomado en cuenta para las comparaciones posteriores.

4.5. Promedio de mediciones en decibeles dBA por frecuencia MHz tomadas en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y con ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal)

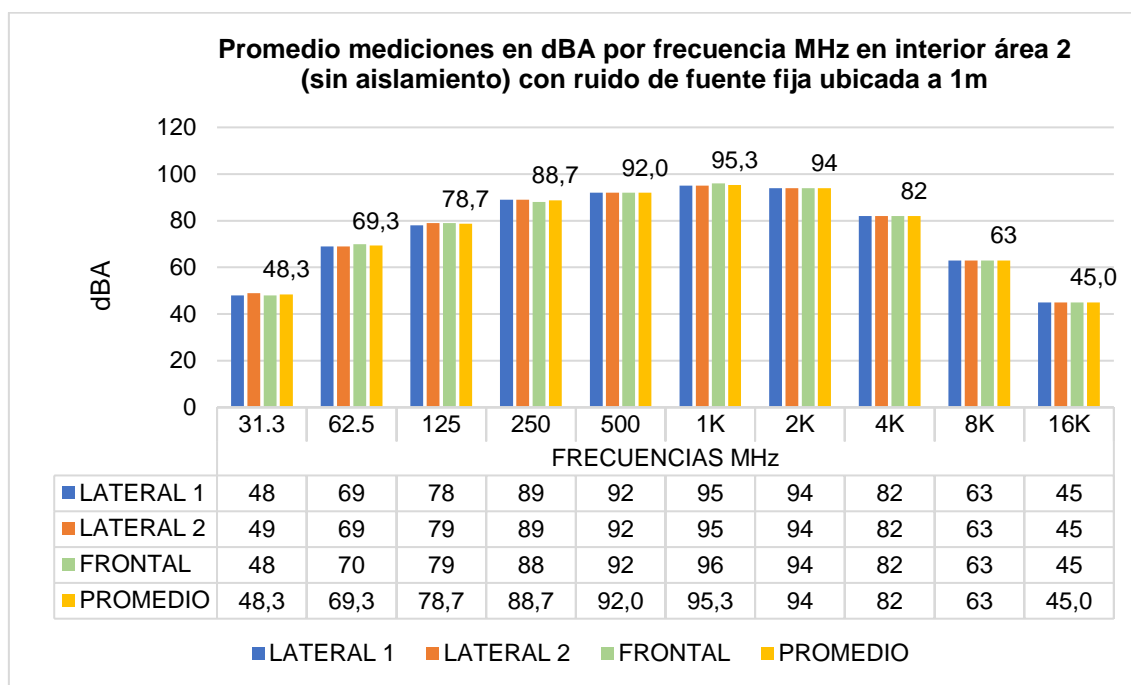


Figura 86 Promedio de mediciones en decibeles dBA por frecuencia MHz tomadas en interior del área de prueba 2 (sin aislamiento) y con ruido emitido por fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).

En el centro interno del área de prueba 2 sin aislamiento se tomaron 3 mediciones, la primera con una fuente fija ubicada a 1m de lado izquierdo, la segunda con la fuente fija ubicada al lado derecho y la tercera con la fuente fija ubicada al frente del área (puerta), con el fin de determinar un promedio del ruido emitido teniendo los siguientes resultados: para frecuencias de: 31,3 Hz; 62,5 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1 KHz; 2 KHz; 4 KHz; 8 KHz; 16 KHz, se obtuvieron las siguientes mediciones en dBA fueron de: 48,3; 69,3; 78,7; 88,7; 92,0; 95,3; 94; 82; 63 y 45,0 respectivamente. Se observa que las más altas lecturas son en las frecuencias altas o tonos agudos (3 últimas octavas de 2 KHz hasta poco más de 16 KHz), en las frecuencias o tonos medios (octavas 5ta. 6ta. y 7ma. de 256Hz a 2 KHz) y 3 de 4 frecuencias bajas o tonos graves (4 primeras octavas de 16 Hz a 256 Hz), por lo que se determina que en las frecuencias bajas existe

la menor reducción debido a que son las que tienen mayor energía y son las más difíciles de aislar tomando en cuenta las mediciones promedio de frecuencias de la fuente fija (ver figura 84).

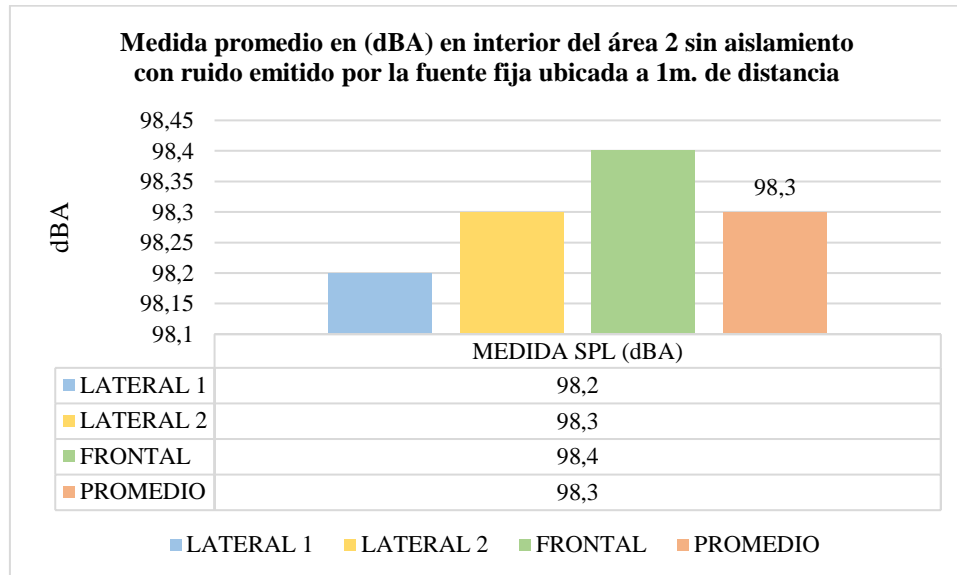


Figura 87 Medida promedio en (dBA) en interior del área 2 sin aislamiento con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.

De las tres mediciones realizadas con el SPL dentro del área de prueba 2 sin aislamiento y con un ruido emitido por una fuente fija ubicada a 1m. de distancia a cada lado y al frente, se obtuvo que el promedio de estas fue de 98,3 dBA, siendo la lectura frontal la más alta debido a la puerta.

4.6. Mediciones promedio en dBA por frecuencia MHz en interior del área de prueba 1 (con aislamiento) con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).

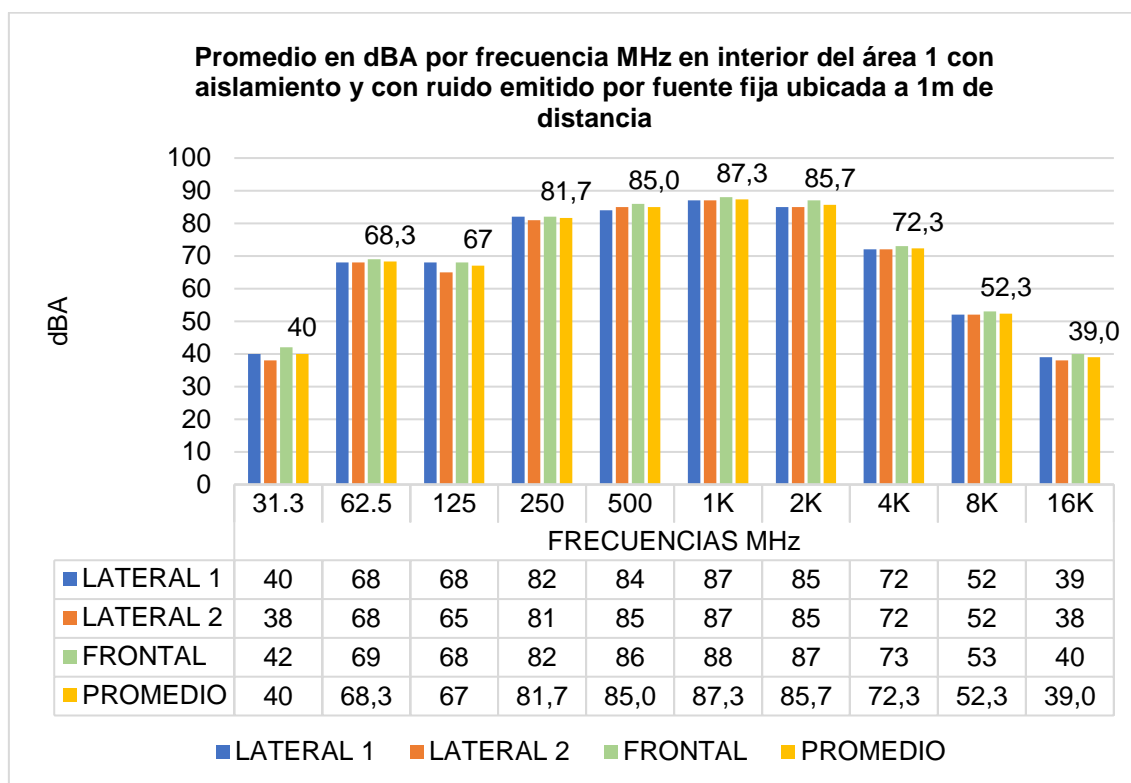


Figura 88 Mediciones promedio en dBA por frecuencia MHz en interior del área de prueba 1 (con aislamiento) con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia (2 laterales, 1 frontal).

Para las mediciones se ubica en el centro interno del área de prueba 1 con aislamiento y se tomaron 3 medidas, la primera con la fuente fija ubicada a 1m. de distancia al lado izquierdo, la segunda con la fuente fija ubicada a 1m. al lado derecho y la tercera con la fuente fija ubicada a 1m. al frente del área, con el fin de determinar un promedio del ruido emitido con los siguientes resultados: para frecuencias de 31,3 Hz; 62,5 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1 KHz; 2 KHz; 4 KHz; 8 KHz; 16 KHz, se obtuvieron las siguientes mediciones en dBA fueron de: 40; 68,3; 67; 81,7; 85,0; 87,3; 85,7; 72,3; 52,3 y 39,0 respectivamente. Podemos ver que las frecuencias fueron más altas en la medición frontal debido a la puerta, como también que el promedio en las frecuencias medias o tonos medios (octavas 5ta. 6ta. y 7ma. de 256 Hz a 2 KHz) y en las frecuencias altas o tonos

agudos (3 últimas octavas de 2 KHz hasta poco más de 16 KHz) es mayor que las frecuencias bajas o tonos graves (4 primeras octavas de 16 Hz a 256 Hz) considerando que éstas últimas tienen mayor energía, ser las más difíciles de aislar y comparando con las lecturas promedio de las frecuencias emitidas por la fuente fija (ver figura 84) la reducción es mínima.

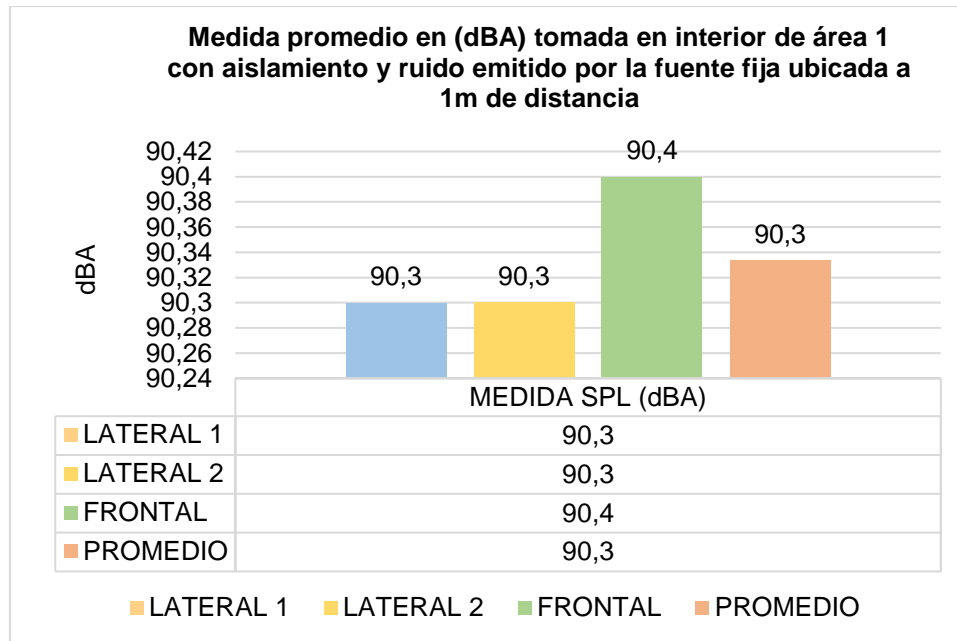


Figura 89 Medida promedio en dBA tomada en el interior del área 1 con aislamiento y ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m de distancia.

Colocando la fuente fija (ruido emitido motor 4 tiempos podadora encendida al máximo) a 1m. de distancia al lado izquierdo del área de prueba 1 (con aislamiento) se realizó una medición lateral 1, al lado derecho una medición lateral 2 y al frente una medición frontal que fue más alta debido a la puerta, obteniendo un promedio entre estas tres de 90,3 dBA.

4.7. Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en el área 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.

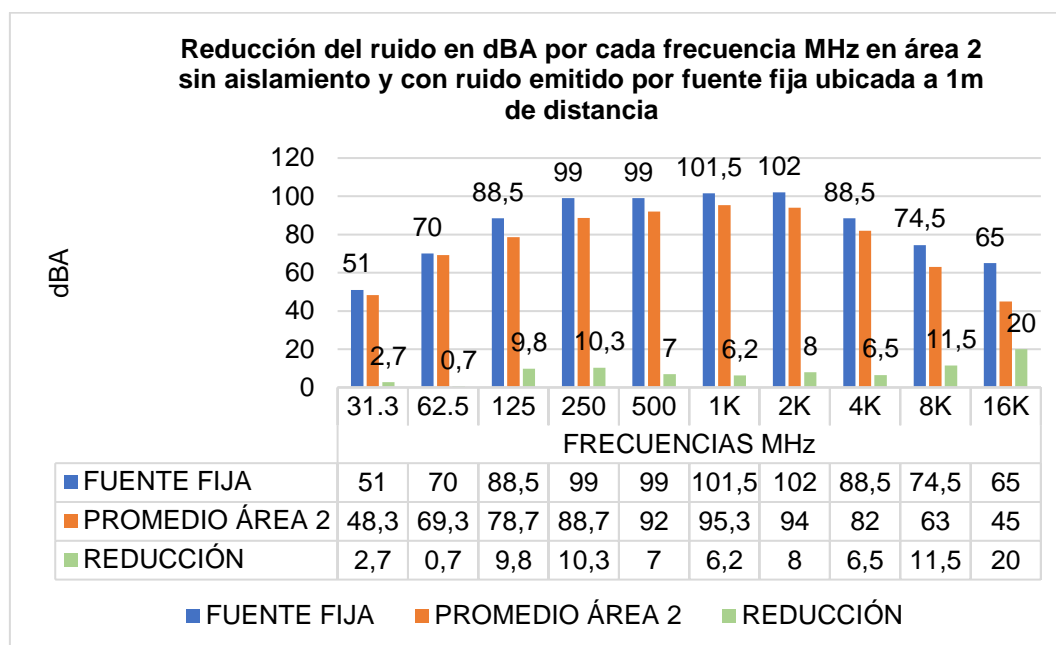


Figura 90 Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en el área 2 sin aislamiento con ruido emitido por fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.

Comparando los promedios de ruido obtenidos en las mediciones tomadas dentro del área de prueba 2 sin aislamiento y la fuente fija (podadora de motor de 4 tiempos), se obtuvo como resultado que la reducción de ruido para frecuencias de 31,3 Hz; 62,5 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1 KHz; 2 KHz; 4 KHz; 8 KHz; 16 KHz, en dBA es de: 2,7; 0,7; 9,8; 10,3; 7; 6,2; 8; 6,5; 11,5 y 20 respectivamente. Observando que hay una mayor reducción en las frecuencias altas o tonos agudos (de 2KHz hasta poco más de 16 KHz) y en sólo 2 frecuencias bajas o tonos graves (de 16 Hz a 256 Hz) continuando con los tonos o frecuencias medias (de 256 Hz a 2KHz). Una mínima reducción en las frecuencias bajas o tonos graves 31.3 Hz y 62.5 Hz correspondientes a las 4 primeras octavas.

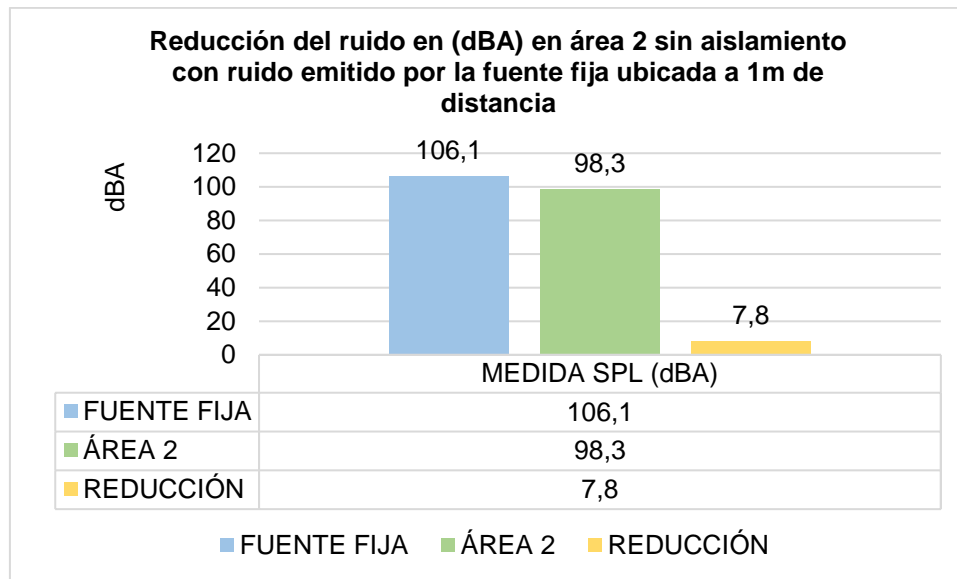


Figura 91 Reducción del ruido en dBA en área 2 sin aislamiento con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.

Comparando los promedios en dBA de las mediciones tomadas con el SPL, en la fuente fija y el área de prueba 2 sin aislamiento se obtuvo que la reducción de ruido entre estas fue 7,8 dBA equivalente a 1 pared normal de bloque hueco de hormigón.

4.8. Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en área 1 con aislamiento y con ruido emitido por la fuente fija (motor 4 tiempos podadora) ubicada a 1m. de distancia.

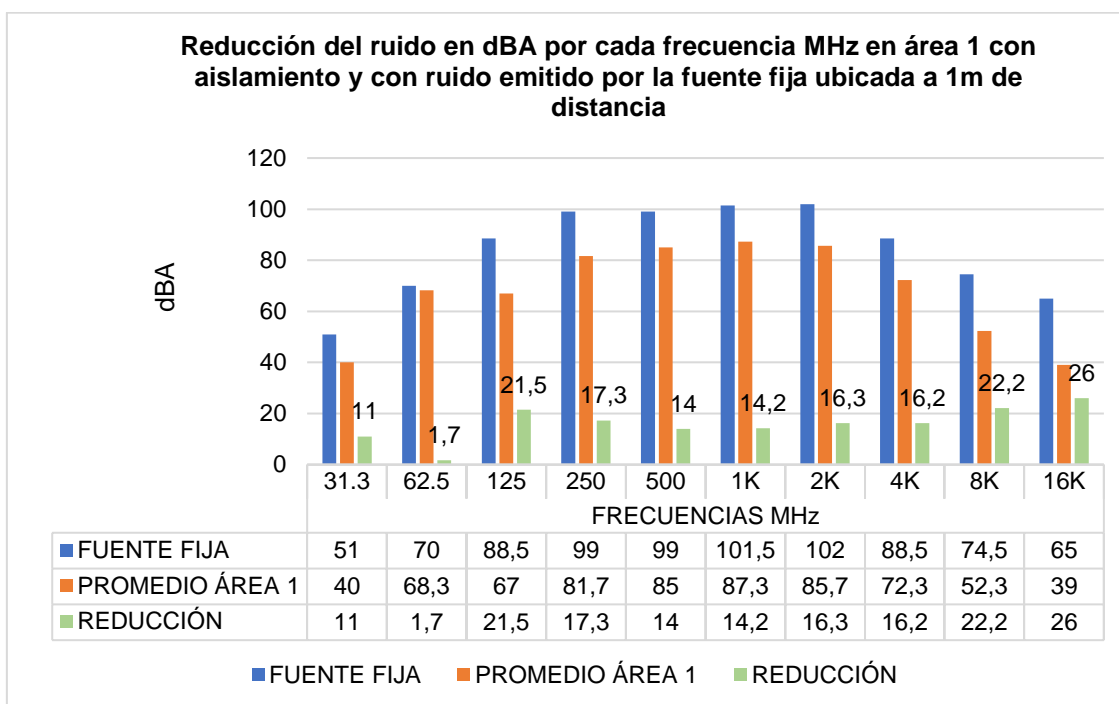


Figura 92 Reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz en área 1 con aislamiento y con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.

Comparando los promedios de ruido obtenidos en las mediciones tomadas dentro del área de prueba 1 con aislamiento y la fuente fija (podadora de motor de 4 tiempos), se obtuvo como resultado que la reducción de ruido para frecuencias de 31,3 Hz; 62,5 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1 KHz; 2 KHz; 4 KHz; 8 KHz; 16 KHz, en dBA es de: 11; 1,7; 21,5; 17,3; 14; 14,2; 16,3; 16,2; 22,2 y 26 respectivamente. Observando que se obtuvo mayor reducción en las frecuencias altas de 16 KHz y 8KHz correspondiente a tonos agudos y en las frecuencias bajas 125 Hz y 250 Hz correspondiente a tono graves, por lo que es evidente que la reducción de ruido es más efectiva en las frecuencias altas y en las medias, ya que en los tonos graves o frecuencias bajas correspondientes a las 4 primeras octavas, es menor la reducción de ruido porque son las que atraviesan las paredes con mayor facilidad, en este caso 31,3 Hz y 62,5 Hz correspondientes a las 4 primeras octavas (de 16 Hz a 256 Hz).

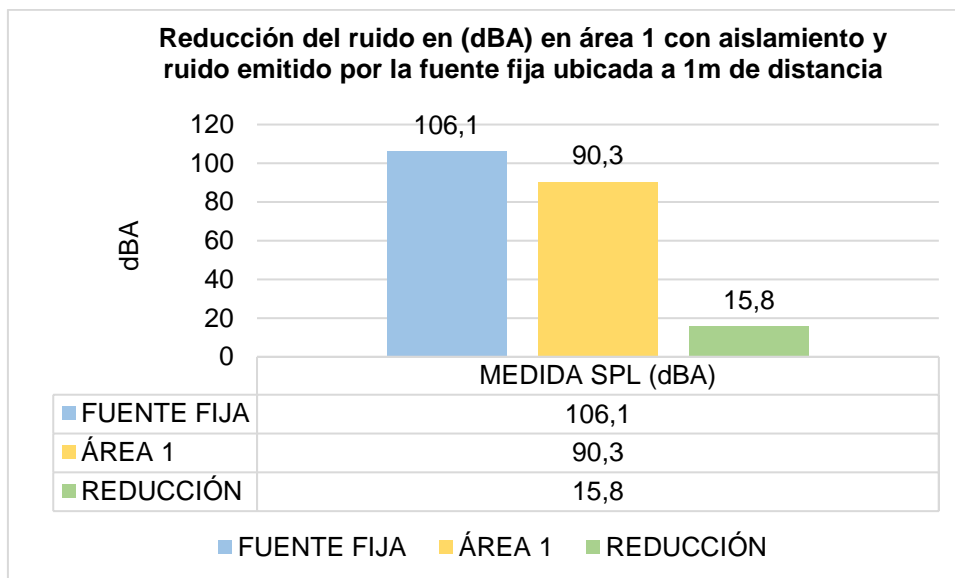


Figura 93 Reducción del ruido en (dBA) en área 1 con aislamiento y ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia.

Comparando los promedios en dBA de las mediciones tomadas con el SPL, de la fuente fija y en el interior del área de prueba 1 con aislamiento, se obtuvo una reducción de ruido de 15,8 dBA que en números suena poco, pero en realidad equivale a tener más de 2 ½ paredes unidas una junto a la otra, según la ley de masa (se aísla 6 dBA cada vez que se duplica la masa).

4.9. Diferencia en la reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con aislamiento, con ruido emitido por fuente fija.

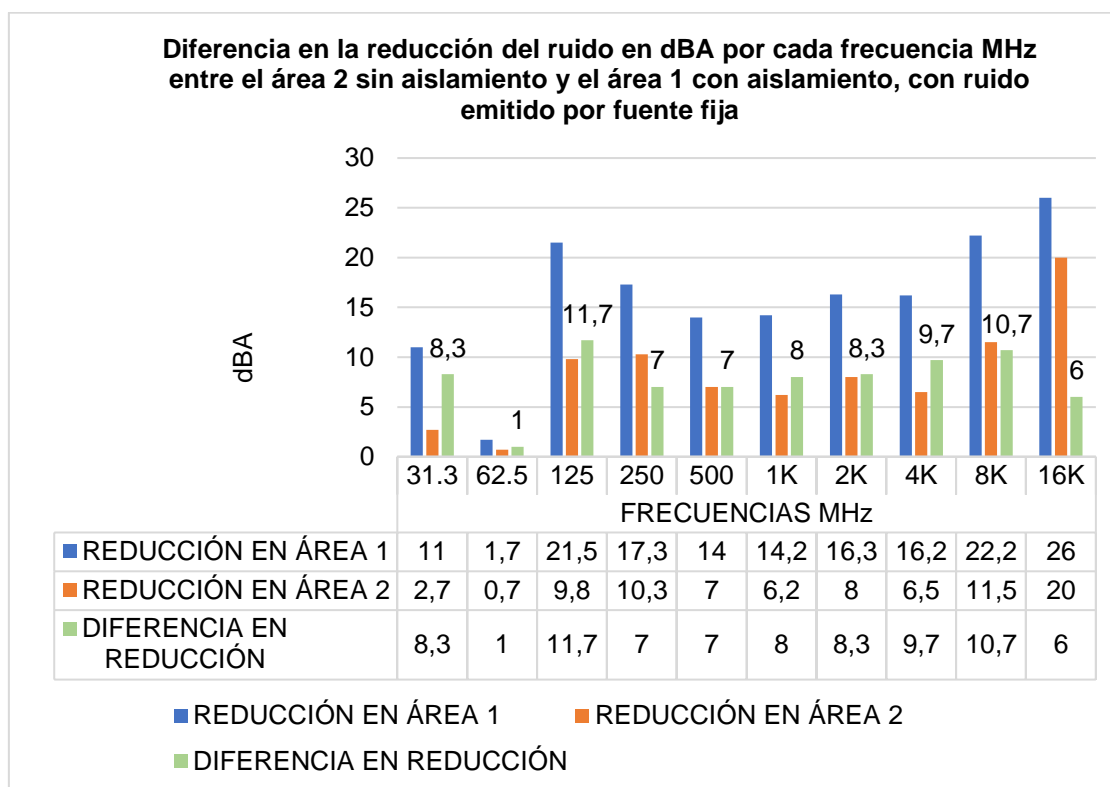


Figura 94 Diferencia en la reducción del ruido en dBA por cada frecuencia MHz entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con aislamiento, con ruido emitido por fuente fija.

Comparando el promedio de reducción de ruido entre área 1 y área 2, con una fuente fija ubicada a 1 m de distancia de ellas, se obtiene que la diferencia al utilizar aserrín pulverizado en el interior de las paredes de bloque hueco de hormigón para frecuencias de 31,3 Hz; 62,5 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1 KHz; 2 KHz; 4 KHz; 8 KHz; 16 KHz, en dBA es de: 8,3; 1; 11,7; 7; 7; 8; 8,3; 9,7; 10,7 y 6 respectivamente. En donde se observa que el aislamiento es mayor en los tonos agudos o frecuencias altas o tres últimas octavas (de 2 KHz hasta poco más de 16 KHz) y en dos tonos graves o frecuencias bajas o cuatro primeras octavas (de 125 Hz y 31,3 Hz). La reducción también es notoria en los tonos o frecuencias medias u octava 5ta. 6ta. 7ma. (de 256 Hz. a 2 KHz).

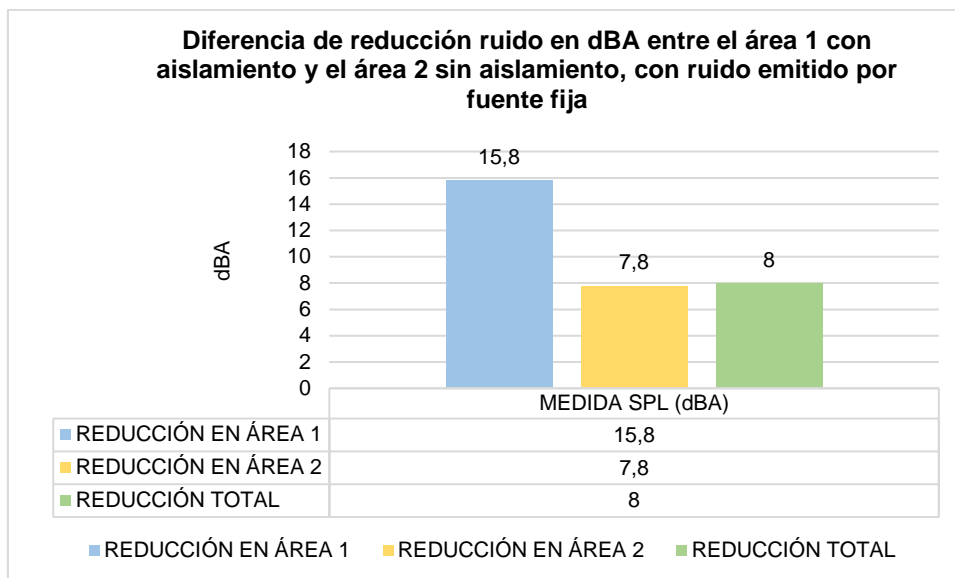


Figura 95 Diferencia de reducción ruido en dBA entre el área 1 con aislamiento y el área 2 sin aislamiento, con ruido emitido por la fuente fija.

Comparando las mediciones promedio tomadas con el SPL en dBA, del área 1 con aislamiento y el área 2 sin aislamiento, se obtiene que la medida en dBA de la reducción total del ruido utilizando aserrín pulverizado en paredes de bloque hueco de hormigón es de 8 dBA equivalente según la ley de masa (aislo 6 dBA cada que duplique la masa) a tener un poco más de 1 pared con las mismas características del área 2 unidas entre sí.

4.10. Semana de mediciones en decibeles (dBA) en el interior del área de prueba 1 con aislamiento y con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m de distancia, clasificadas por día y hora.

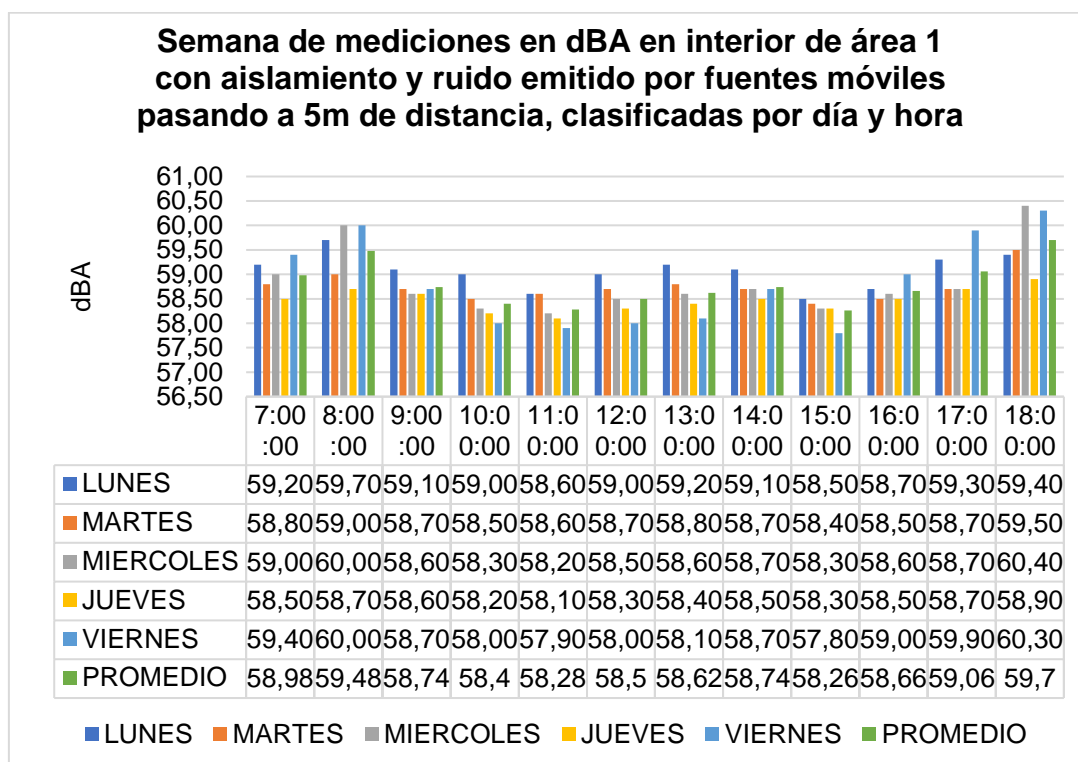


Figura 96 Semana de mediciones en decibeles (dBA) en el interior del área de prueba 1 con aislamiento y con ruido emitido por fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, clasificadas por día y hora.

En las mediciones obtenidas en el interior del área de prueba 1 con aislamiento, con fuentes móviles a 5 m de distancia tomadas cada hora desde las 07:00 hasta las 18:00 de lunes a viernes, se observó que el promedio de las lecturas de todos los días en decibeles de las 7:00 am fue de 58,98 dBA, mientras que para el horario de 8:00 am es de 59,48 dBA, el de 9:00 am obtuvo una medición de 58,74 dBA, disminuyendo la lectura en el de 10:00 am a 58,4 dBA, en tanto para 11:00 am minimizo un poco más la lectura a 58,28 dBA, sin embargo para las 12:00 pm hubo un incremento obteniendo una lectura de 58,5 dBA, este incremento se siguió presentando a las 13:00 y 14:00 con una medición de 58,62 y 58,74 dBA respectivamente, no obstante en el horario de las 15:00 hubo una disminución obteniendo una medición de 58,26 dBA, desde las 16:00 hasta las 18:00 se evidencio un aumento en las mediciones obteniendo lecturas de 58,66; 59,06 y

59,7 respectivamente. Se observa que en horas pico temprano en la mañana, al medio día y en horas avanzadas de la tarde el ruido emitido por los automotores tomados como fuentes móviles, que circulan por la vía ubicada a 5m. de las áreas de prueba, es más fuerte o tiene mayor energía por ende las mediciones dentro del área de prueba 1 son más altas, lo que no implica que la reducción del ruido sea mayor. Se considera que la diferencia entre mediciones es de 1,44 dBA y el rango va de 58,26 hasta 59,70 dBA.

4.11. Reducción del ruido en dBA en área de prueba 1 (con aislamiento) con emisión de ruido de fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, por hora del día.

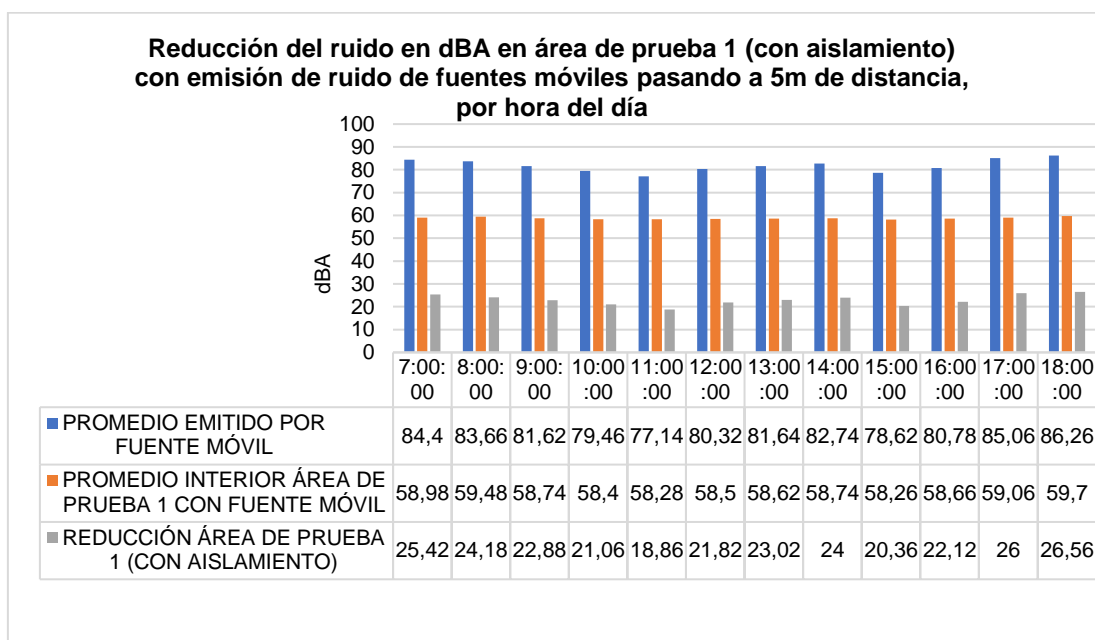


Figura 97 Reducción del ruido en dBA en área de prueba 1 (con aislamiento) con emisión de ruido de fuentes móviles pasando a 5m. de distancia, por hora del día.

Comparando las mediciones promedio de ruido emitidas por las fuentes móviles a diferente hora fuera de las áreas de prueba a 5 m de distancia, con las mediciones promedio del interior del área de prueba 1 con aislamiento, se obtuvo como resultado que la reducción de ruido alcanzada para cada hora del día desde las 7:00 am hasta las 18:00 pm fueron de 25,42; 24,18; 22,88; 21,06; 18,86; 21,82; 23,02; 24; 20,36; 22,12; 26 y 26,56 dBA respectivamente, destacando que la menor lectura (18,86 dBA) fue en el horario de las 11:00 am dado que a esa hora se registra menor número de fuentes móviles que emiten ruido por lo tanto el registro va a ser en menor intensidad y por ende será menor la reducción en el área 1 con respecto al promedio emitido por la fuente; y, la mayor medición (26,56 dBA) a las 18:00 pm. considerada como hora pico con mayor número de vehículos o fuentes móviles circulando y emitiendo más ruido, en donde la reducción anotada será mayor de acuerdo al promedio emitido por

la fuente móvil a esa hora. La diferencia entre mediciones es de 7,7 dBA y el rango va de 18,86 hasta 26,56 dBA.

4.12. Diferencia en la reducción de ruido en dBA entre el área de prueba 2 sin aislamiento y el área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles, por hora del día.

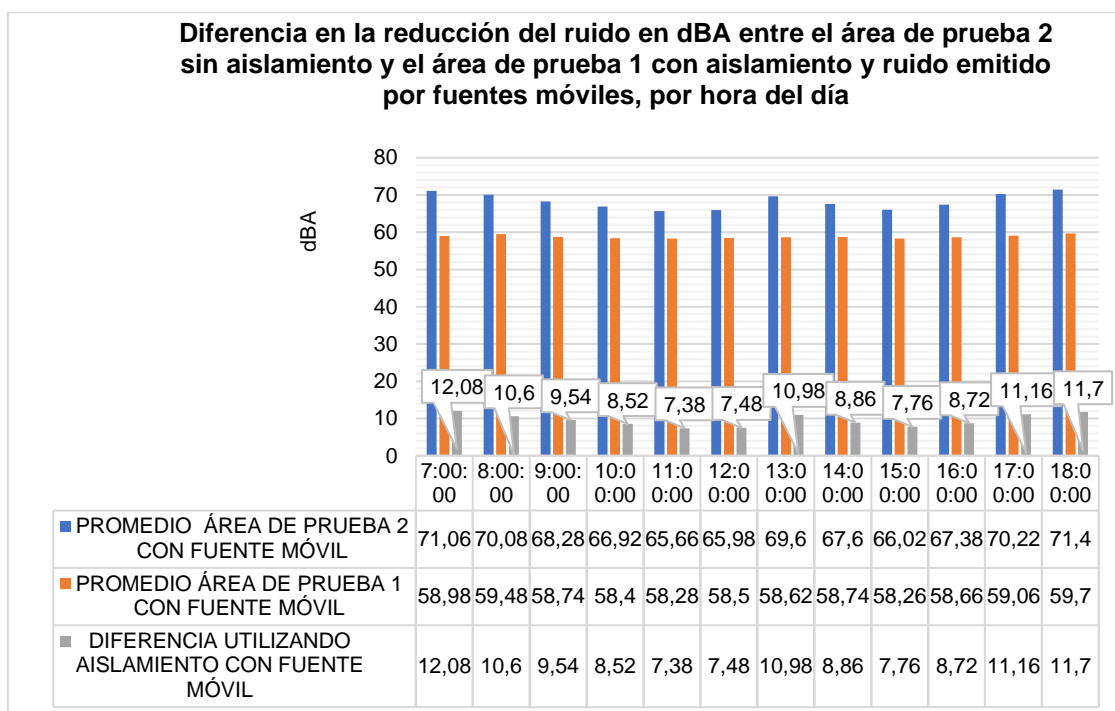


Figura 98 Diferencia en la reducción de ruido en dBA entre el área de prueba 2 sin aislamiento y el área de prueba 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles, por hora del día.

Comparando las mediciones promedio de ruido emitidas por las fuentes móviles a diferente hora en el interior del área de prueba 2 a 5 m de distancia, con las mediciones promedio del interior del área de prueba 1 con aislamiento, se obtuvo como resultado que la diferencia de reducción de ruido para cada hora del día desde las 7:00 am hasta las 18:00 pm fueron de 12,08; 10,6; 9,54; 8,52; 7,38; 7,48; 10,98; 8,86; 7,76; 8,72; 11,16 y 11,7 dBA respectivamente, destacando que la menor lectura (7,38 dBA) fue en el horario de las 11:00 am y la mayor (12,08 dBA) a las 7:00 am. Obteniendo mejores resultados en horas

pico, con una diferencia entre lecturas de 4,7 dBA dentro de una rango que va de 7,38 hasta 12,08 dBA

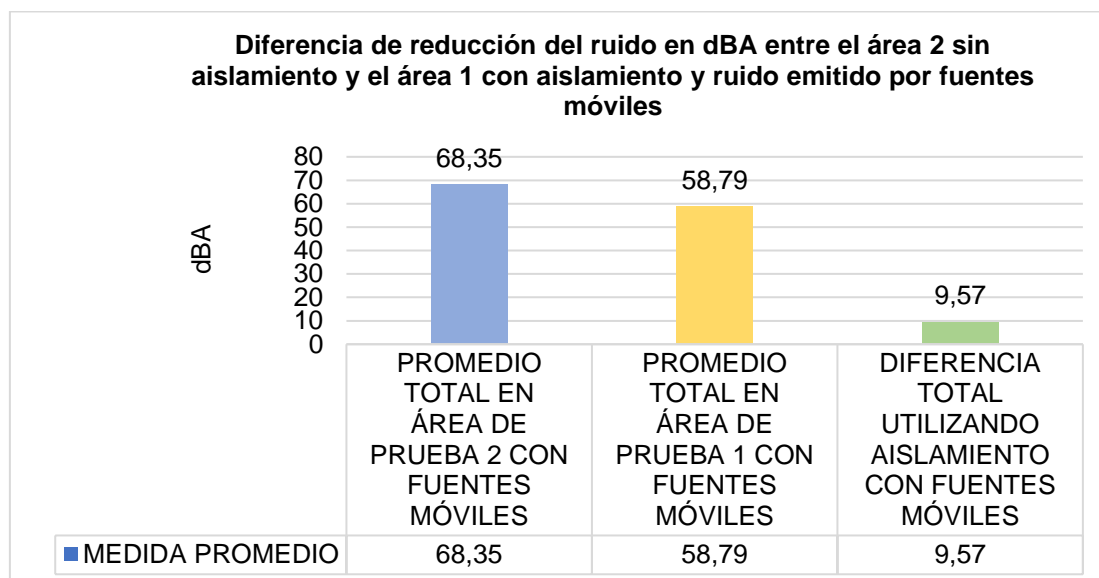


Figura 99 Diferencia de reducción del ruido en dBA entre el área 2 sin aislamiento y el área 1 con aislamiento y ruido emitido por fuentes móviles.

De las mediciones promedio del área 2 tomadas cada hora, se calculó una sola medida total promedio en dBA, de igual manera se hizo con las mediciones promedio del área 1 tomadas cada hora. Comparando se obtuvo que la reducción total medida en dBA utilizando aislamiento y con el ruido emitido por las fuentes móviles circulando a 5 m de distancia es de 9,57 dBA.

Hay que tomar en cuenta que el medio para la transmisión del sonido es elástico porque utiliza el aire, ya que es originado por los vehículos automotores que circulaban por la vía ubicada a 5 m. de distancia de las áreas de prueba. (2.1.5 Transmisión del sonido en el aire. Página 18).

Tomando en cuenta la ley de masa (aisló 6 dBA si duplico la masa) equivaldría a tener 1 ½ pared más, construida y unida a la pared que ya tenemos en el área 2, es decir tendríamos 2 ½ paredes como aislamiento para las fuentes móviles.

4.13. Análisis de los resultados

Los seres humanos son capaces de escuchar un estándar de sonido que va desde 20Hz hasta 20 KHz de frecuencia, con una intensidad máxima de 130 dB; sin embargo, los niveles de presión sonora aceptables no deben superar los 80 dB. Es digno de mención que las medidas en decibelios son logarítmicas, significando que un aumento de 10 veces en dB representa un aumento de 10 veces en la presión en el oído. Por ejemplo, un sonido de 60 dB ejerce una presión sobre el oído de 30 dB y una contaminación acústica de mil veces; es decir, $10 \times 10 \times 10$.

El ruido en las ciudades se ha convertido en un serio inconveniente para los habitantes, surgiendo la necesidad de encontrar alternativas que disminuyan los efectos de este para la salud auditiva. Por ello, en el estudio se abordó el uso de aserrín como aislante acústico. Considerando, que el ruido depende mucho de la frecuencia generada y transmitida por la fuente, se procedió a aislar las frecuencias medias o tonos medios (octavas 5ta. 6ta. y 7ma. de 256 Hz hasta 2 KHz) y en las frecuencias altas o tonos agudos (3 últimas octavas a partir de 2 KHz hasta poco más de 16 KHz), ya que este atraviesa el bloque con aislamiento; y en general, las más difíciles de aislar son las frecuencias bajas o tonos graves (4 primeras octavas de 16 Hz a 256 Hz).

Sin embargo, se pueden obtener mejores resultados si se considera el resto de los materiales constructivos como el de ventanas, puertas, tumbados y techos, pisos, paredes interiores, enlucidos, muebles, cortinas, elementos absorbentes y reflectantes, etc. que de acuerdo a la composición podrían contribuir a la reducción del ruido; además, considerar que el sonido pierde energía mientras aumenta el volumen o área, cosa que no sucede con el área de pruebas 1 que es reducida, hecha con techo provisional, paredes sin enlucir o sin acabado y puerta tamborada simple de madera. Hay que recalcar que una reducción sólo de 6 dBA equivale a duplicar la masa, es decir, a duplicar la pared, debido a que esta es simple, de acuerdo a la ley de masa. (2.4.3.1 página 32).

La reducción del ruido emitido por la fuente fija y transportado por el aire, es mayor en los tonos agudos o también llamadas frecuencias altas – 3 últimas octavas a partir de 2 KHz – como también en las frecuencias medias o tonos medios – octavas 5ta. 6ta. 7ma. de 256 Hz a 2 KHz., mientras que para los tonos graves o también llamadas frecuencias bajas – 4 primeras octavas de 16 Hz. a 256Hz. – que tienen mayor energía el aislamiento con aserrín pulverizado es mínimo. Considerando que a mayor frecuencia menor es la energía y mientras menor la frecuencia mayor será la energía (tonos graves) y tomando en cuenta que los ruidos de impacto es decir los transportados por la tierra o suelo no dan los mismos resultados por ser muy difíciles de aislar.

De acuerdo, a estos resultados el aserrín es una opción económica, ecológica y novedosa, como material aislante acústico, además de fácil adquisición volviéndose una alternativa recomendada a implementar. El constructor que decida utilizar el aserrín como material aislante acústico en bloques de hormigón hueco tiene que tomar en consideración el resto de los materiales constructivos, debido a que las puertas, ventanas, techo, uniones entre elementos, tuberías internas, etc. que no estuvieron presentes en el área de prueba 1.

Para realizar las mediciones prueba tomar como fuente fija un elemento igual o que emita un sonido parecido al que esté constantemente presente cerca del área a construir, en este caso se tomó como fuente fija el sonido de un motor de 4 tiempos de una podadora que se asemeja al de una motocicleta. Se debe tomar en cuenta el área de construcción a ser implementado este sistema como las horas pico u horas con mayor ruido y la ubicación considerando si está dentro de una zona comercial o industrial ya que por lo general el ruido disminuirá por las noches y fines de semana.

Para ello, se debe seguir al pie de la letra la guía de construcción ya que los resultados pueden variar especialmente si se altera la cantidad, introducción y densidad (evitar se moje) del aserrín pulverizado dentro de los huecos del bloque de hormigón. Tener mucho cuidado que el aserrín entre en contacto con el agua.

Esta guía de construcción trata de mejorar el aislamiento acústico para no gastar mucho en soluciones más costosas y si es del caso ayudar en combinación con otras alternativas.

De igual manera, se sugiere estudiar la posibilidad de manufacturar el proceso de llenado del aserrín en los bloques de hormigón hueco, debido a que, aunque si es funcional como material acústico la forma de rellenado es lenta, incrementando así el tiempo en construcción de una estructura.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Es importante aclarar que en el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito no existen registros de mediciones de niveles de sonido en la parroquia de Puembo, zona donde se realizó la experimentación, sólo existen controles anuales en puntos específicos como en el aeropuerto internacional y en el centro de Quito. Pero si existe una norma para niveles permisivos por la autoridad mencionada. (Capítulo 2.4 Aislación. Subcapítulo 2.4.4 Niveles sonoros admisibles en el Distrito Metropolitano de Quito. Página 33).
- Partiendo de estas premisas se establece que los efectos del ruido en la salud dependen tanto de los factores individuales como de las características de la exposición al mismo. Por ello, surge la necesidad de implementar medidas que eviten que los ruidos perjudiquen la audición humana. Dentro de estas medidas se sugiere una idea novedosa, ecológica y económica para dar solución a la problemática, para ello se realizó distintas pruebas de sonido midiendo la efectividad de la implementación de un aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón usando aserrín pulverizado (Capítulo 2.5 páginas 35 y 36), la cual arrojó las siguientes conclusiones:
- Se estableció que al medir la presión sonora a 5 m fuera de las áreas de prueba con fuentes móviles de lunes a viernes desde las 7:00 am hasta las 18:00 pm, la medición que superó los dB aceptables para el oído humano fue el de las 18:00 pm con un valor de 86,26 dBA, significando que al estar en la calle en ese horario expuesto continuamente puede afectar la audición (es decir, que se convierte en un ambiente que de forma progresiva va degenerando la salud auditiva).
- Al comparar los resultados de las mediciones en el exterior de la zona de prueba a 5 m y las realizadas en el interior de la estructura sin aislamiento acústico con fuentes móviles, se mantiene que el horario con mayor

cantidad de ruido es el de las 18:00 pm y que solo disminuye en 14,86 dBA, significando que una estructura hecha con bloques de hormigón hueco sin aislamiento acústico minimiza un poco la exposición al ruido. Sin embargo, las mediciones hechas en el interior de la estructura con aislamiento acústico obtuvieron una reducción del ruido de 26,56 dBA, implicando que hay mejor protección acústica con el uso del aserrín pulverizado en bloques de hormigón huecos.

- El aislamiento con fuentes móviles – ruido de vehículos motorizados- utilizando aserrín pulverizado es de 9,57 dBA equivalentes a construir 1½ pared del mismo bloque hueco de hormigón unida a la pared ya construida, lo que se reduce a costos de construcción, reducción de espacio interior de la estructura, sin tomar en cuenta el aislamiento térmico que brinda el aserrín pulverizado.
- Comparando los resultados obtenidos en las mediciones en el área de prueba 2 (sin aislamiento) y las realizadas en el interior del área de prueba 1 (con aislamiento) con ruido emitido por la fuente fija ubicada a 1m. de distancia de las mencionadas áreas, se establece que para una frecuencia de 1 KHz se obtiene el valor máximo en dBA con 95,3; significando que una estructura hecha con bloques de hormigón hueco sin aislamiento acústico tiene una exposición al ruido que supera el valor del parámetro establecido como tolerable. Sin embargo, las mediciones hechas en el interior de la estructura con aislamiento acústico obtuvieron un valor de 87,3 dBA para la misma frecuencia de 1 KHz, implicando que, aunque esta medida también supera el valor tolerable de ruido existe mejor protección acústica con el uso del aserrín pulverizado en bloques de hormigón huecos.
- En base a la experimentación realizada se ha logrado generar una guía de construcción para la reducción del ruido mediante la introducción de aserrín pulverizado en las paredes de bloque hueco de hormigón (Capítulo 3. Subcapítulo 3.9 Procedimiento. Página 49), tomando en cuenta el tipo de bloque escogido que puede variar en la cantidad de huecos mas no en su densidad (Capítulo 3. Subcapítulo 3.8 Materiales.

Página 47), ya que no se obtendrían los mismos resultados, en este caso, 9,57 dBA de reducción más que con el mismo bloque, pero sin aislamiento, esto con fuentes móviles (Figura 99 página 100). Mientras que con una fuente fija se obtuvo una reducción de 8 dBA más, recalcando que las paredes de bloque no tenían recubrimiento. (Figura 95 página 95).

- Se elaboró un Análisis de Precios Unitarios el cual refleja el costo que incurriría el constructor utilizando aserrín pulverizado en las paredes. (Tabla 13 página 79).

5.2. Recomendaciones

- Se deberá tomar en cuenta que las mediciones deberán ser con el equipo profesional adecuado para obtener máxima precisión.
- Se deberá tomar en cuenta la composición del aserrín pulverizado ya que es un material orgánico y cuando entra en contacto con la humedad puede dar origen a hongos, moho y demás microorganismos perjudiciales, para lo cual es recomendable utilizar antes de introducir el aserrín una funda o bolsa plástica preferiblemente gruesa en cada cavidad del bloque de hormigón.
- Es recomendable el uso de esta técnica de aislamiento acústico en terrenos que no sean húmedos.
- Se deberá notificar al profesional calculista para que tome en cuenta el uso de este tipo de aislamiento debido al incremento de peso de 9,23% para la estructura.

REFERENCIAS

- Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón.* (marzo de 2012). Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.andece.org: https://www.andece.org/images/BLOQUES/catalogo_sol_constructivas_def5.pdf
- Basner, M., Babisch, W. D., Brink, M., Clark, C., & Janssen, S. (abril de 2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, 383(9925), 1325-1332. Recuperado el 3 de junio de 2018, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3988259/>
- Boschi, C., Acosta, S., & González, A. (2005). Determinación del coeficiente de aislación acústica de un muro construido con bloques de cemento rellenos con arena. *Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería*, 2005, 1-6. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <http://www1.frm.utn.edu.ar/laboratoriodeacustica/Determinaci%C3%B3n%20del%20coeficiente%20de%20aislaci%C3%B3n%20ac%C3%A1stica%20de%20un%20muro%201.pdf>
- Comaudi Industrial. (2017). *Tipos de aislantes acústicos*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.comaudi-industrial.com: <https://www.comaudi-industrial.com/blog/tipos-de-aislantes-acusticos/>
- Confluencia. (2016). *Especificaciones Técnicas del Hormigón*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.servicioconfluencia.com.ar: http://www.servicioconfluencia.com.ar/w/?page_id=846
- Cortés, J. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene del trabajo* (9^o ed.). Madrid: Editorial Tebar. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <https://books.google.com.ec/books?id=pjoYI7cYVVUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Dirección Metropolitana Ambiental. (4 de agosto de 2008). *Resolución N° 0002-DMA-2008*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.quitoambiente.gob.ec: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca->

- digital/category/15-marco-normativo?download=279:resolucion-002-norma-tecnica&start=2
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2015). *www.escuelaing.edu.co*. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de Ruido: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7863_ruido.pdf
- Ganime, J., Almeida, L., Robazzi, M., Valenzuela, S., & Faleiro, S. (junio de 2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería Global*(19), 1-15. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/revision1.pdf>
- Gómez, E., & Cuenca, I. (2011). *Manual Técnico de Sonido* (7a ed.). Madrid: Paraninfo.
- González, I. (2013). *Potencial del aserrín generado en la transformación primaria de Pinus patula para la fabricación de pellets*. Tesis de Grado, Universidad Autónoma Chapinango, División de Ciencias Forestales. Recuperado el 11 de junio de 2018, de [files.departamento-de-productos-forest.webnode.es: http://files.departamento-de-productos-forest.webnode.es/200001868-aa162ab0ff/Tesis%20lv%C3%A1n%20Dar%C3%ADo%20Gonz%C3%A1lez%20M.pdf](http://files.departamento-de-productos-forest.webnode.es/files.departamento-de-productos-forest.webnode.es/200001868-aa162ab0ff/Tesis%20lv%C3%A1n%20Dar%C3%ADo%20Gonz%C3%A1lez%20M.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México, México: McGRAW-HILL.
- Hoppe, C., Perojo, J., Silió, D., Lombillo, I., & Villegas, L. (2007). Análisis del control del ruido en los edificios comunitarios. *Congresso Construção*, 3, 1-13. Recuperado el 3 de junio de 2018, de https://grupos.unican.es/gted/archivos/otros/ponencias/coimbra_acustica.pdf
- Infomed. (2007). *Generalidades de la Audición. Exploración Audiológica. Tratamiento protésico y psicopedagógico de los defectos auditivos*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de [www.sld.cu: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia_audicion_.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia_audicion_.pdf)

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (30 de marzo de 2014). *Población y Demografía*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Instituto Nacional de Seguridad . (2005). *Reducción y control del ruido*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.insht.es: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2005/36/FactS_58.pdf
- Khan, M., Quasim, F., Hussain, F., Khan, I., & Azad, F. (2017). *Noise Control In Residential Buildings*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de www.engineeringcivil.com: <https://www.engineeringcivil.com/noise-control-in-residential-buildings.html>
- Lancerio, K. (2015). *Manual de materiales acústicos en la arquitectura*. Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. Recuperado el 31 de mayo de 2018
- Maderea. (6 de febrero de 2015). *¿Por qué la madera es un buen aislante acústico?* Recuperado el 11 de junio de 2018, de www.maderea.es: <https://www.maderea.es/por-que-la-madera-es-un-buen-aislante-acustico/>
- Maggiolo, D. (abril de 2003). *Propagación del sonido*. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de www.eumus.edu.uy: <https://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/prp.html>
- Martin, C. (2015). *El espectro audible*. Recuperado el 9 de julio de 2018, de slideplayer.es: <https://slideplayer.es/slide/4143187/>
- Ordaz, E., Maqueda, J., Asúnsolo, Ä., Silva, A., Gamo, M., Cortés, R., & Bermejo, E. (julio-septiembre de 2009). Efecto de la exposición a ruido en entornos laborales sobre la calidad de vida y rendimiento. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 55(216), 35-45. Recuperado el 3 de junio de 2018, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2009000300005
- Paez, B. (mayo de 2015). Clasificación del Hormigón. *Boletín Técnico de la Construcción Notranoches*(11), 1-3. Recuperado el 3 de junio de 2018, de <https://portal.ondac.com/601/w3-article-61995.html>

- Pérez, A., & Cubero, A. (septiembre de 2001). *Control del ruido*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de rabfis15.uco.es: [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(8\)%20Control%20de%20ruido/control%20del%20ruido%20activo.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(8)%20Control%20de%20ruido/control%20del%20ruido%20activo.htm)
- Pino, F. (9 de enero de 2011). *¿Cómo se propaga el sonido?* Recuperado el 30 de mayo de 2018, de www.vix.com: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/01/09/%C2%BFcomo-se-propaga-el-sonido>
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A., Mooney, R., & White, L. (2018). *Neuroscience* (2° ed.). Oxford: Sinauer.
- Rossi, S. (22 de septiembre de 2010). *Propiedades del sonido*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de www.vix.com: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2010/09/22/propiedades-del-sonido>
- Salas, J. (11 de enero de 2010). *Sonido. Características Físicas y Fisiológicas. Fuentes de Sonido*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de www.juanmiguelsalas.com: <http://www.juanmiguelsalas.com/blog/2010/01/sonido-caracteristicas-fisicas-y/>
- Sánchez, J., Palomino, T., González, J., & Tejeda, J. (2006). *El coordinador de seguridad y salud*. Madrid: FC Editorial. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <https://books.google.com.ec/books?id=24NtCcEtZZ0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Serrato, C. (31 de octubre de 2013). *El Sonido*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de fisicasonidos.blogspot.com: <http://fisicasonidos.blogspot.com/2013/10/longitud-de-onda.html>
- Serret, N., Giralt, G., & Quintero, M. (septiembre-diciembre de 2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Química*, 36(3), 395-405. Recuperado el 11 de junio de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300012

Sonoflex. (3 de junio de 2018). *Factores que inciden en la aislación acústica*. Recuperado el 3 de junio de 2018, de sonoflex.com: <http://sonoflex.com/fonac/factores-que-inciden-en-la-aislacion-acustica/>

ANEXOS

Anexo 1 Proceso de selección y limpieza del terreno

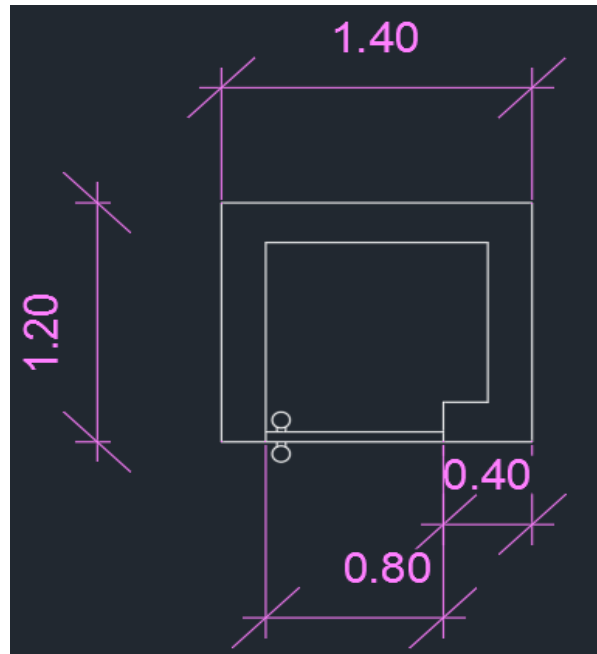


Se cerró el predio con cerramiento frontal y se instalaron puertas metálicas con respectiva chapa

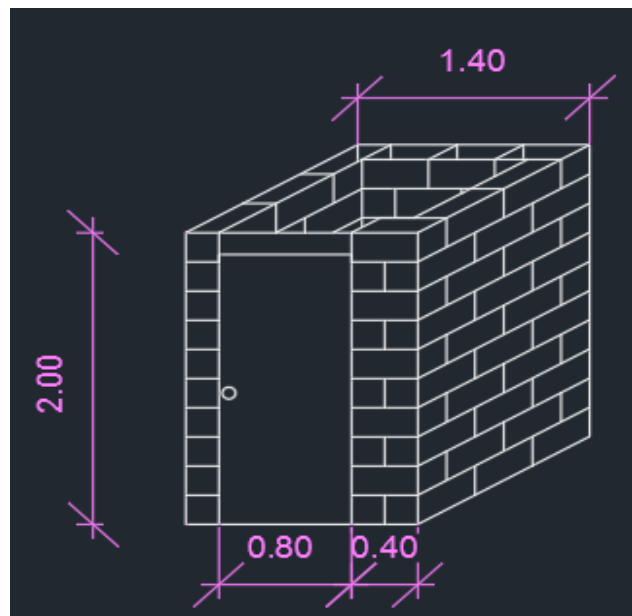


Anexo 2 Plano de la estructura

Plano de la construcción (2 áreas idénticas: 1 con aislamiento y otra sin él), para la comprobación:



Implantación general área de prueba 1 y 2



Altura, vista dimensional área de prueba 1 y 2

Anexo 3 Proceso de construcción de la estructura



Bloques a utilizar



Nivelación del terreno 1



Nivelación del terreno 2



Preparación de mezcla utilizando tierra limpia y agua



Mesclado de tierra limpia y agua



Nivelado horizontal de primer bloque inicio primera hilera



Nivelado vertical de primer bloque inicio primera hilera



Relleno con mezcla espacios entre bloques de primera hilera pared lateral



Nivelación horizontal y vertical de primera hilera pared opuesta



Introducción de aserrín pulverizado 1ra. Hilera



Colocación de mezcla sólo perímetro de bloques para no mojar el aserrín pulverizado



Introducción aserrín pulverizado en 2da. hilera de bloques



Introducción de aserrín pulverizado en 3ra. hilera de bloques



Colocación bloque inicio 5ta. hilera utilizando plomada



Introducción aserrín pulverizado 5ta. hilera de bloques



6ta. hilera de bloques con aserrín pulverizado



Puerta colocada terminada 6ta. Hilera



Primer bloque inicio 9na. hilera de bloques



9na. hilera introducido aserrín pulverizado



10ma. hilera de bloques introducida aserrín pulverizado

Proceso constructivo área de prueba 2 sin aserrín pulverizado



Inicio construcción normal 1ra. Hilera de área de prueba sin aserrín pulverizado



Nivelada 2da. hilera de área de prueba sin aserrín pulverizado



Plomada inicio 3ra. hilera de área de prueba sin aserrín pulverizado



Término 3ra. hilera área de prueba sin aserrín pulverizado



Nivelada 4ta. hilera área de prueba sin aserrín pulverizado



Término de 6ta. hilera área de prueba sin aserrín pulverizado



Inicio de 7ma. hilera de área de prueba sin aserrín pulverizado



Puesta de mezcla o argamasa entre bloques 8va. hilera de área de prueba sin aserrín pulverizado



Colocación de puerta en área de prueba sin aserrín pulverizado



Anexo 4 Mediciones de ruido



Anexo 5 Registro de Mediciones

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN												
FECHA	SEMANA DEL LUNES 02 DE ABRIL AL VIERNES 06 DE ABRIL DE 2018											
DESCRIPCIÓN	MEDICIONES TOMADAS FUERA DEL AREA DE PRUEBAS 2 SIN AISLAMIENTO Y 1 CON AISLAMIENTO											
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES TO Y RUIDO EMITIDO POR FUENTES MÓVILES PASANDO A 5m DE DISTANCIA											
DIA	HORA											
	07H00	08H00	09H00	10H00	11H00	12H00	13H00	14H00	15H00	16H00	17H00	18H00
LUNES	85,40	83,90	82,50	81,30	78,00	81,20	82,40	83,70	79,90	80,90	86,10	86,20
MARTES	83,50	83,70	82,30	79,90	77,40	78,20	79,00	81,50	78,20	83,30	85,20	85,40
MIÉRCOLES	85,30	85,30	81,50	78,90	75,90	80,90	81,30	82,00	77,30	79,20	84,50	86,10
JUEVES	83,30	82,50	80,30	78,30	76,40	81,40	82,40	82,30	79,80	80,50	84,90	85,90
VIERNES	83,70	82,90	80,30	78,60	77,50	79,90	82,30	83,50	79,40	79,80	84,60	87,10
PROMEDIO	84,4	83,66	81,62	79,96	77,14	80,32	81,64	82,74	78,62	80,78	85,06	86,26

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN											
FECHA	LUNES 16 DE ABRIL DE 2018										
DESCRIPCIÓN	RUIDO EMITIDO POR FUENTE FIJA UBICADA A 1m DE DISTANCIA DE AREAS										
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES DE PRUEBA 1 Y 2										
MEDIDAS	FRECUENCIAS MHZ										
	31,3	62,5	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	
LATERAL 1 AREA	50	71	84	94	99	102	101	89	75	65	
LATERAL 2 AREA	52	69	83	94	99	101	103	88	74	65	
FRONTAL											
PROMEDIO	51	70	83,5	94	99	101,5	102	88,5	74,5	65	

EN DECIBELES
106,1

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN												
FECHA	SEMANA DEL LUNES 09 DE ABRIL AL VIERNES 13 DE ABRIL DE 2018											
DESCRIPCIÓN	MEDICIONES TOMADAS EN INTERIOR DE AREA DE PRUEBA 2 SIN AISLAMIENTO CON RUIDO EMITIDO POR FUENTES											
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES MÓVILES PASANDO A 5m DE DISTANCIA											
DIA	HORA											
	07H00	08H00	09H00	10H00	11H00	12H00	13H00	14H00	15H00	16H00	17H00	18H00
LUNES	71,50	69,10	68,20	67,50	65,20	65,70	71,00	67,00	65,30	66,80	71,20	71,20
MARTES	70,30	70,20	69,00	67,00	65,30	66,60	69,40	67,20	66,50	69,50	70,10	72,00
MIÉRCOLES	71,60	70,50	68,50	67,20	66,00	65,10	69,80	68,00	65,40	65,10	69,80	71,10
JUEVES	69,90	69,50	67,50	66,40	66,10	66,10	69,20	67,20	67,20	69,20	70,00	70,60
VIERNES	71,60	70,50	68,10	66,50	65,60	66,40	68,50	67,50	65,20	66,20	71,00	72,00
PROMEDIO	71,06	70,08	68,25	66,92	65,66	65,98	69,60	67,60	66,02	67,38	70,22	71,40

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN											
FECHA	MARTES 12 DE ABRIL DE 2018										
DESCRIPCIÓN	MEDICIONES TOMADAS EN INTERIOR DE AREA DE PRUEBA 2 SIN AISLAMIENTO CON										
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES RUIDO EMITIDO POR FUENTE FIJA UBICADA A 1m DE DISTANCIA										
MEDIDAS	FRECUENCIAS MHZ										
	31,3	62,5	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	
LATERAL 1	46	69	73	84	92	95	94	82	63	45	
LATERAL 2	49	69	74	84	92	95	94	82	63	45	
FRONTAL	48	70	79	88	92	96	94	82	63	45	
PROMEDIO	48,3	69,3	78,7	88,7	92	95,3	94	82	63	45	

EN DECIBELES
98,2
99,3
98,4
98,3

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN												
FECHA	SEMANA DE LUNES 23 DE ABRIL AL VIERNES 27 DE ABRIL DE 2018											
DESCRIPCIÓN	MEDICIONES EN INTERIOR DE AREA DE PRUEBA 1 CON AISLAMIENTO Y RUIDO EMITIDO POR											
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES FUENTES MÓVILES PASANDO A 5m DE DISTANCIA											
DIA	HORA											
	07H00	08H00	09H00	10H00	11H00	12H00	13H00	14H00	15H00	16H00	17H00	18H00
LUNES	59,70	59,70	59,10	59,00	58,60	59,00	59,20	59,10	58,50	58,70	59,30	59,40
MARTES	58,80	59,00	58,70	58,50	58,60	58,70	58,80	58,70	58,40	58,50	58,70	59,50
MIÉRCOLES	59,00	60,00	58,60	58,30	58,70	58,50	58,60	58,70	58,60	58,70	58,70	60,40
JUEVES	58,50	58,70	58,60	58,30	58,10	58,30	58,40	58,50	58,20	58,50	58,70	58,90
VIERNES	59,40	60,00	58,70	58,00	57,90	58	58,10	58,20	57,80	58,00	59,40	60,30
PROMEDIO	59,48	59,48	58,74	58,40	58,28	58,50	58,62	58,74	58,26	58,66	59,06	59,70

FORMULARIO DE REGISTRO DE OBSERVACIÓN											
FECHA	MIÉRCOLES 18 DE ABRIL DE 2018										
DESCRIPCIÓN	MEDICIONES EN INTERIOR DE AREA 1 CON AISLAMIENTO Y RUIDO EMITIDO POR FUENTE										
UNIDAD UTILIZADA	dBA DECIBELES FIJA UBICADA A 1m DE DISTANCIA										
MEDIDAS	FRECUENCIAS MHZ										
	31,3	62,5	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	
LATERAL 1	40	68	68	82	84	87	85	72	39		
LATERAL 2	38	68	68	81	85	87	85	72	52	38	
FRONTAL	47	69	68	82	86	88	87	73	53	40	
PROMEDIO	40	69,3	67	81,7	85	87,3	85,7	72,7	52,3	39	

dBA
EN DECIBELES
90,3
90,3
90,4
90,3