

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN BARRERAS
ACÚSTICAS, EVALUANDO LA CAPACIDAD INSONORA
FRENTE A NIVELES DE PRESIÓN SONORA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

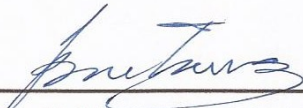
Bach. Karen Brenda Maquera Loza

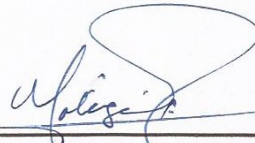
TACNA – PERÚ


2018


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**FACULTAD DE INGENIERÍA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL****“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN BARRERAS
ACÚSTICAS, EVALUANDO LA CAPACIDAD INSONORA
FRENTE A NIVELES DE PRESION SONORA”**

Tesis sustentada y aprobada el 13 de Diciembre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: 
M Sc. Ing. HUMBERTO JACINTO SANTANA SOTO

SECRETARIO: 
M Sc. Ing. VICENTE MÁLAGA APAZA

VOCAL : 
M Sc. Bigo. JOSÉ OSWALDO CAZORLA GALDOS

ASESORA : 
Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo KAREN BRENDA MAQUERA LOZA, en calidad de: estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 70166251

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada: Determinación de la eficiencia en barreras acústicas, evaluando la capacidad insonora frente a niveles de presión sonora.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 13 de Diciembre del 2018



Karen Brenda Maquera Loza.

701166251

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial y mi ángel Joelito

A mis padres Hugo y Luz

A mi hermanita Karla

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, la inteligencia, por guiarme en mi existencia, ser apoyo y fortaleza en los momentos de debilidad.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado para el cumplimiento de mis objetivos y metas profesionales y personales.

A mi hermana Karla, por ser mi compañera en las madrugadas y veladas de estudio.

A mi asesora Ing. Carmen Román Arce, por su disposición para la realización de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

A todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a la ejecución del presente trabajo de Investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO I.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.4. Objetivos.....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. Hipótesis.....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específicas.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes del estudio.....	20
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	21
2.1.3. Antecedentes Locales.....	23
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. Dimensión física de los materiales de insonorización.....	24
2.2.2. Nivel de presión sonora.....	27
2.2.3. Capacidad de insonorización o aislante de ruido.....	37
2.3. Definición de términos.....	44
CAPÍTULO III.....	47
MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1. Tipo.....	47
3.2. Diseño de la investigación.....	47
3.3. Población y/o muestra de estudio.....	48

3.4.	Operacionalización de variables	48
3.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	48
3.6.	Procesamiento y análisis de datos.....	52
CAPÍTULO IV		53
RESULTADOS		53
4.1.	Presentación de Resultados.....	53
4.1.1.	Caja exterior	53
4.1.2.	Dentro de la caja sin material.....	55
4.1.3.	Madera OSB de 2.2 cm	57
4.1.4.	Poliestireno expandido de 2,7 cm.....	59
4.1.5.	Lana de vidrio de 3 cm.....	61
4.1.6.	Madera OSB de 0.9 cm	63
4.1.7.	Poliestireno expandido de 1,8 cm.....	65
4.1.8.	Lana de vidrio de 1,5 cm	67
4.1.9.	Madera OSB con poliestireno expandido.....	69
4.1.10.	Poliestireno expandido con lana de vidrio.....	71
4.1.11.	Lana de vidrio con madera OSB.....	73
4.1.12.	Consolidado de materiales analizados.....	75
4.1.13.	Consolidado de materiales analizados mixtos.....	79
4.2.	Determinación de la capacidad de insonorización	81
4.2.1.	Análisis de varianza	81
4.2.2.	Análisis de la prueba de Duncan	85
4.3.	Determinación de los niveles de pérdida de transmisión	89
4.3.1.	Madera OSB de 2,2 cm	90
4.3.2.	Poliestireno expandido 2,7 cm	91
4.3.3.	Lana de vidrio 3,0 cm.....	92
4.3.4.	Madera OSB de 0,9 cm	93
4.3.5.	Poliestireno expandido de 1,8 cm.....	94
4.3.6.	Lana de vidrio 1,5 cm.....	95
4.3.7.	Poliestireno expandido con madera OSB	96
4.3.8.	Poliestireno expandido con Lana de vidrio	97
4.3.9.	Lana de vidrio con Madera OSB.....	98
4.3.10.	Consolidados.....	99
4.4.	Estimación de la cantidad de aislamiento en barreras acústicas en la implementación de locales.....	101
4.5.	Determinación de la eficiencia de las barreras acústicas	103
4.5.1.	Análisis de varianza	103
CAPÍTULO V		107
DISCUSIÓN.....		107
5.1.	Las barreras acústicas presentan mayor porcentaje de insonorización de sonido grave y agudo frente a nivel de presión sonora de 100 dB.	107
5.2.	La lana de vidrio presenta una mayor pérdida de transmisión sonora frente a un nivel de presión sonora de 100 dB.	108

5.3. La cantidad de aislamiento es adecuada para la implementación en construcción o locales.109	
5.4. Las barreras acústicas tienen una capacidad insonora de reducir los niveles de presión sonora.....	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
ANEXOS.....	120
Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	120
Anexo 2. Certificado de calibración del sonómetro	121
Anexo 3. Resultado de Turnitin.....	130
Anexo 4. Código de coeficiente de absorción y pérdida de transmisión en Matlab.....	138
Anexo 5. Código de interfaz gráfica de los niveles de ruido	142
Anexo 6. Costo de materiales	149
Anexo 7. Estudio de la OEFA del año 2015.....	150
Anexo 8. Panel fotográfico de la realización del experimento.....	158
A. Elaboración de la caja de insonorización	158
B. Experimento con caja al exterior	159
C. Experimento con caja sin barreras acústicas.....	160
D. Experimento con barreras de madera OSB	160
E. Experimento con barreras de poliestireno expandido	161
F. Experimento con barreras de lana de vidrio.....	161
G. Experimento con barreras combinadas	162
Anexo 9. Decreto Supremo N°085-2003-PCM	163

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Propiedad típica de algunos materiales.....</i>	26
<i>Tabla 2: Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.....</i>	30
<i>Tabla 3: Valores guía para el ruido comunitario en ambientes específicos.....</i>	31
<i>Tabla 4: Niveles recomendados de ruido interior.....</i>	34
<i>Tabla 5. Coeficientes de absorción.....</i>	38
<i>Tabla 6: Plantilla de diseño completamente al azar.....</i>	47
<i>Tabla 7: Resultados de la medición de los niveles de ruido fuera de la caja – Grave motosierra.....</i>	53
<i>Tabla 8: Resultados de la medición de los niveles de ruido fuera de la caja – Agudo sirena de ambulancia.....</i>	54
<i>Tabla 9: Resultados de la medición de los niveles de ruido en la caja al exterior con sonido grave.....</i>	55
<i>Tabla 10: Resultados de la medición de los niveles de ruido en la caja al exterior con sonido agudo.....</i>	56
<i>Tabla 11: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de Madera OSB de sonido grave.....</i>	57
<i>Tabla 12: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de Madera OSB con sonido agudo.....</i>	58
<i>Tabla 13: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de poliestireno expandido con sonido grave.....</i>	59
<i>Tabla 14: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de poliestireno expandido con sonido agudo.....</i>	60
<i>Tabla 15: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de lana de vidrio con sonido grave.....</i>	61
<i>Tabla 16: Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de lana de vidrio con sonido agudo.....</i>	62
<i>Tabla 17: Resultados de la medición de los niveles de ruido con madera OSB de 0,9 cm con sonido grave.....</i>	63
<i>Tabla 18: Resultados de la medición de los niveles de ruido con madera OSB de 0,9 cm con sonido agudo.....</i>	64
<i>Tabla 19 Resultados de la medición de los niveles de ruido con poliestireno expandido de 1,8 cm con sonido grave:.....</i>	65
<i>Tabla 20: Resultados de la medición de los niveles de ruido con poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido agudo.....</i>	66
<i>Tabla 21: Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm con sonido grave.....</i>	67
<i>Tabla 22: Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales delgados con sonido agudo.....</i>	68
<i>Tabla 23: Resultados de la medición de los niveles de ruido de madera OSB con poliestireno expandido con sonido grave.....</i>	69
<i>Tabla 24: Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo.....</i>	70
<i>Tabla 25: Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave.....</i>	71
<i>Tabla 26: Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo.....</i>	72
<i>Tabla 27: Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave.....</i>	73
<i>Tabla 28: Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo.....</i>	74
<i>Tabla 29: Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales acústicos con sonido grave.....</i>	76

<i>Tabla 30: Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales delgados con sonido agudo.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 31: Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido grave.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 32: Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido agudo.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 33: Análisis de varianza de pérdida de transmisión de sonidos graves.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 34: Análisis de varianza de pérdida de transmisión de sonidos agudos.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 35: Prueba de Duncan para sonidos graves.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 36: Contraste de muestras de sonidos graves.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 37: Prueba de Duncan para sonidos agudos.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 38: Contraste de muestras de sonidos agudos.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 39: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 2,2 cm de sonido grave.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 40: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 2,2 cm de sonido agudo.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 41: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de Poliestireno expandido de 2,7 cm de sonido grave.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 42: Resultados del coeficiente de transmisión sonora poliestireno expandido de 2,7 cm de sonido agudo.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 43: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio 3,0 cm de sonido grave.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 44: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio 3,0 cm de sonido agudo.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 45: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 0,9 cm de sonido grave.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 46: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 0,9 cm de sonido agudo.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 47: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido grave.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 48: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido agudo.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 49: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido grave.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 50: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido agudo.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 51: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con madera OSB de sonido grave.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 52: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 53: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de Poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 54: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido agudo.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 55: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 56: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 57: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de diferentes materiales con sonido grave.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 58: Resultados del coeficiente de transmisión sonora de diferentes materiales con sonido agudo.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 59: Cantidad de aislamiento de sonidos graves.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 60: Cantidad de aislamiento de sonidos agudos.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 61: Análisis de varianzas de materiales acústicos – graves.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 62: Análisis de varianzas de materiales acústicos agudos.....</i>	<i>105</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad 39

Figura 2: Comportamiento de los niveles de ruido fuera de la caja - Sonido grave de Motosierra..... 53

Figura 3: Comportamiento de los niveles de ruido fuera de la caja - Sonido agudo de sirena de ambulancia..... 54

Figura 4: Comportamiento de los niveles de ruido dentro de la caja sin material – sonido grave de motosierra..... 55

Figura 5: Comportamiento de los niveles de ruido dentro de la caja sin material – sonido agudo de sirena de ambulancia..... 56

Figura 6: Comportamiento de los niveles de ruido con material de Madera OSB de sonido grave..... 57

Figura 7: Comportamiento de los niveles de ruido con material de Madera OSB con sonido agudo..... 58

Figura 8: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con sonido grave..... 59

Figura 9: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con sonido agudo..... 60

Figura 10: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con sonido grave..... 61

Figura 11: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con sonido agudo..... 62

Figura 12: Comportamiento de los niveles de ruido de Madera OSB de 0,9 cm con sonido grave..... 63

Figura 13: Comportamiento de los niveles de ruido de Madera OSB de 0,9 cm de sonido agudo..... 64

Figura 14: Comportamiento de los niveles de ruido de Poliestireno expandido de 1.8 cm de sonido grave..... 65

Figura 15: Comportamiento de los niveles de ruido de Poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido agudo..... 66

Figura 16: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido grave..... 67

Figura 17: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm con sonido agudo..... 68

Figura 18: Comportamiento de los niveles de ruido de madera OSB con poliestireno expandido de sonido grave..... 69

Figura 19: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo..... 70

Figura 20: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave..... 71

Figura 21: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido agudo..... 72

Figura 22: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave..... 73

Figura 23: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo..... 74

Figura 24: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales delgados de sonido grave..... 75

Figura 25: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales delgados de sonido agudo..... 77

Figura 26: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido grave..... 79

Figura 27: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido agudo..... 80

Figura 28: Calculo del coeficiente de potencia sonora y aislamiento acústico..... 89

<i>Figura 29: Preparación de caja de insonorización</i>	<i>158</i>
<i>Figura 30: Preparación de las paredes intercambiables.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 31: Barreras intercambiables superiores.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 32: Cara inferior.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 33: Caja terminada.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 34: Medición tomada desde el exterior de la caja</i>	<i>159</i>
<i>Figura 35: Caja de insonorización sin barreras acústicas</i>	<i>160</i>
<i>Figura 36: Caja de insonorización con madera OSB.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 37: Caja de insonorización con poliestireno expandido.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 38: Caja de insonorización con lana de vidrio</i>	<i>161</i>
<i>Figura 39: Caja de insonorización con Poliestireno expandido y madera OSB.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 40: Caja de insonorización con poliestireno expandido y lana de vidrio.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 41: Caja de insonorización con lana de vidrio con madera OSB</i>	<i>162</i>

RESUMEN

En el presente estudio de determinación de la eficiencia en barreras acústicas, evaluando la capacidad insonora frente a niveles de presión sonora se trabajó en una caja de insonorización cubica de 50 cm de lado que tenía una abertura en cada lado de 3 cm donde ingresó el material para luego ser sometido a sonidos graves y agudos. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, las variables del experimento fueron materiales como lana de vidrio, poliestireno expandido y madera de fibras orientadas (OSB) de diferentes grosores y combinaciones; se comprobó la eficiencia de barreras acústicas mediante su capacidad insonora entre las cuales se obtuvo para sonidos graves a la lana de vidrio 3,0 cm con un valor de 4,85 dB; 0,5 dB para poliestireno expandido son lana de vidrio; 0,36 dB para madera OSB 2,2 cm; 0,29 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; 0,27 dB para lana de vidrio de 1,5 cm; 0,26 dB para lana de vidrio con madera OSB mientras se tiene 0,15 dB para madera de 0,9 cm y poliestireno 1,8 cm y en ultimo valor al poliestireno expandido de 2,7 cm con 0,13 dB. Así mismo se comprobó la capacidad de insonorización por medio de diferentes barreras acústicas frente a un estímulo agudo de 100 dB obteniendo valores de 0,43 dB de lana de vidrio con madera osb; 0,41 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; seguido de 0,32 dB para lana de vidrio de 1,5 cm; 0,23 dB para madera osb de 2,2 cm; 0,21 dB para madera osb de 0,9 cm; 0,18 dB para lana de vidrio de 3 cm y por ultimo 0,16 dB para poliestireno expandido de 2,7 cm. En conclusión al momento de evaluar la cantidad de aislamiento en barreras acústicas frente a diferentes sonidos para la implementación de locales se tiene que se redujo 61,04 dB para lana de vidrio de 3,0 cm para los sonidos graves mientras que en sonidos agudos se redujeron a 8,41 dB para lana de vidrio con madera OSB.

Palabras clave: Barreras acústicas, lana de vidrio, poliestireno expandido y madera osb.

ABSTRACT

In the present study of the determination of the efficiency in acoustic barriers, evaluating the soundproof capacity against sound pressure levels, we worked in a 50 cm cubic soundproofing box that had an opening on each side of 3 cm where the material entered. to then be subjected to bass and high pitched sounds. A completely randomized experimental design was used, the variables of the experiment were materials such as glass wool, expanded polystyrene and fiber oriented wood (OSB) of different thicknesses and combinations; the efficiency of acoustic barriers was checked by means of their soundproofing capacity, among which glass wool 3,0 cm with a value of 4,85 dB was obtained for serious sounds; 0,5 dB for expanded polystyrene are glass wool; 0,36 dB for OSB wood 2,2 cm; 0,29 dB for expanded polystyrene with glass wool; 0,27 dB for 1,5 cm glass wool; 0,26 dB for glass wool with OSB wood while having 0,15 dB for 0,9 cm wood and 1,8 cm polystyrene and in last value expanded polystyrene of 2,7 cm with 0,13 dB. Likewise, the soundproofing capacity was checked by means of different acoustic barriers against an acute stimulus of 100 dB, obtaining values of 0,43 dB of glass wool with osb wood; 0,41 dB for expanded polystyrene with glass wool; followed by 0,32 dB for 1,5 cm glass wool; 0,23 dB for osb wood of 2,2 cm; 0,21 dB for 0,9 cm osb wood; 0,18 dB for glass wool of 3 cm and finally 0,16 dB for expanded polystyrene of 2,7 cm. In conclusion when evaluating the amount of insulation in acoustic barriers against different sounds for the implementation of premises it has been reduced by 61,04 dB for glass wool of 3,0 cm for the bass sounds while in acute sounds it is reduced to 8,41 dB for glass wool with OSB wood.

KEY WORDS: acoustic barriers, glass wool, expanded polystyrene and OSB Wood.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de estudios científicos que analizan los efectos del ruido en la población. Es así que la misma OMS ha preparado un informe completo titulado ruido comunitario, en el cual se señala que el ruido ambiental tiene efectos como: perturbación del sueño, afecciones psicológicas, interferencia de la comunicación, efectos en la salud mental, desempeño de productividad, así como en el comportamiento social y molestia. (Azañedo Obando, Lizeth A. & Cabrera Felix, Jonathan R., 2017)

En la actualidad, el tráfico urbano es y continua siendo un problema del futuro dado a que se considera una fuente importante de ruido ambiental, así mismo presenta impactos negativos en la salud humana ya que se han detectado enfermedades relacionadas con el ruido ambiental por el tráfico, es así que se han realizado estudios recientes sobre la molestia causada por diferentes tipos de fuentes de ruido como la de transporte residencial relacionado con la actividad física de los mismo o la exposición al ruido de tráfico. (Soares, F.; Freitas, E.; Cunha, C.; Silva, C.; Lamas, J.; Mouta, S.& Santos, JA., 2017).

Si bien Tacna es una ciudad que no ha iniciado campañas para disminuir y paliar los efectos provocados por el ruido, si ha mejorado sus acciones de fiscalización en cuanto a temas de ruido. La modernidad, la industria, la urbanización y el ajetreo cotidiano causa una alta contaminación sonora u auditiva en la zona urbana. Es considerado el transporte, construcción, acelerado crecimiento demográfico, entre otros, viene a ser considerado la principal causa de ruido en la zona urbana ya sea de protección especial, residencial, comercial, industrial y zonas mixtas; es así que estas actividades quiebran el equilibrio natural provocando estrés, dado así que el ruido es una principal fuente de contaminación en zonas urbanas.(Alfie Cohen, Miriam & Salinas Castillo, Osvaldo, 2017)

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La contaminación del sonido es una problemática en la actualidad y a medida que pasa el tiempo afecta con mayor impacto en el estado físico o psicológico de las personas y en el entorno del ambiente, por ello ha generado mucho más interés en la sociedad sobre todo en las grandes ciudades del mundo, y ha llevado a impulsar en las personas mayor conciencia así como una serie de mecanismos para la solución de este problema. Cabe resaltar que la contaminación por ruido ambiental está relacionada directamente a interferencias de comunicación, como también estrés, sordera y perturbación del sueño entre las principales lo que conlleva a una reducción de la calidad de vida de las personas en cuanto a su tranquilidad.

Los índices de contaminación sonora en la ciudad de Tacna se debe a muchos factores entre estos se consideran ruidos de fuentes móviles (vehículos motorizados, bulla de la población, claxon de carros, etc.) y fijas (discotecas, talleres mecánicos, industrias, etc.), dado a que son tan comunes en la vida cotidiana que la población se ha acostumbrado a ella y difícilmente encuentran un lugar de paz y tranquilidad. A pesar de este gran problema no existen infraestructuras en la ciudad que reduzcan la contaminación sonora ni estrategias del gobierno local ni regional, este problema acústico fue corroborado por el Organismo de evaluación y fiscalización ambiental en el año 2015.

Es así que nace la necesidad de analizar cuáles son los materiales que pueden mejorar la calidad de vida en cuanto a la insonorización, así mismo medir la eficacia de materiales combinados y en consecuencia

reducir las constantes denuncias presentadas en la Municipalidad Provincial de Tacna en las diferentes zonas de aplicación de la ciudad de Tacna.

Por tanto se ha elegido para el presente estudio la lana de vidrio, poliestireno expandido, madera OSB además de aplicar combinaciones para observar la reacción de los diferentes materiales frente a los diferentes tipos de sonidos como los graves y agudos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es eficiente las barreras acústicas, evaluando la capacidad insonora frente a los niveles de presión sonora?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la capacidad de insonorización de las diferentes barreras acústicas frente a los diferentes sonidos a un nivel de presión sonora de 100dB?
- ¿Cuáles son los niveles de pérdida de transmisión mediante la ecuación matemática?
- ¿Cuál es la mejor barrera acústica frente a los sonidos graves y agudos de nivel de presión sonora de 100dB para la implementación en locales?

1.3. Justificación e importancia

La investigación brindara un análisis de los porcentajes de eficiencia en la mitigación de ruidos en los materiales de construcción, con el fin de determinar la incidencia o efectos de la contaminación sonora en los materiales y así contribuir a la mejor utilización de los materiales de construcción para atenuar los niveles de ruido en la salud de las personas.

Con la presente investigación se busca contribuir a los conocimientos de acústica de la gestión ambiental, como área correspondiente a la ingeniería ambiental. Además, demostrar la importancia en la elección de materiales de construcción para mitigar los impactos del ruido ambiental.

El estudio beneficiará a la población de Tacna en toda la ciudad así como contribuirá a determinar qué tipo de materiales emplear al momento de la construcción o de acondicionamiento de locales en aspectos acústicas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia en diferentes barreras acústicas como lana de vidrio, poliestireno expandido y madera OSB; evaluando la capacidad insonora frente a niveles de presión sonora.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de insonorización haciendo uso de diferentes barreras acústicas de sonido grave y agudo frente a una presión sonora de 100 dB.
- Determinar los niveles de pérdida de transmisión, haciendo uso de una ecuación matemática
- Evaluar la cantidad de aislamiento en barreras acústicas, frente a niveles de presión sonora, para la implementación en locales.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Las barreras acústicas presentan capacidad de insonorización para reducir los niveles de presión sonora.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Las barreras acústicas presentan mayor porcentaje de insonorización de sonido grave y agudo frente a nivel de presión sonora de 100 dB.
- La lana de vidrio presenta una mayor pérdida de transmisión sonora frente a un nivel de presión sonora de 100 dB.
- La cantidad de aislamiento es adecuado frente a los niveles de presión sonora para la implementación en locales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Farrehi & Nallamothu (2015) realizaron un estudio titulado “Reducing hospital noise with sound acoustic panels and diffusion: a controlled study”. Con el objetivo de reducir el ruido con paneles acústicos en un hospital. El diseño experimental consistía en la técnica de la observación durante tres días para luego aplicar la *t* de student y analizar diferencias significativas, que no fueron observadas durante el periodo de estudio, dado a que solo se redujo en 4 dBA. En el experimento se utilizó un material convencional para ruido.

Según Herrera (2015) en su tesis titulada “Propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de un mortero aligerado con partículas de poliestireno expandido (EPS) de reciclaje para recubrimientos en muros y techos” se concluyó que existen diferencias significativas en relación a la formulación de referencia, porque aumento de un 18% hasta un 40% aproximadamente, por lo que se puede emplearse para esos fines.

Molina (2013), en su investigación titulada “Niveles de absorción de ruido con madera, corcho y vidrio en el terminal terrestre de Quevedo”; llegó a la conclusión de que la madera de balsa es el material con la mayor absorción en cuanto a este punto se refiere mientras que las láminas de vidrio es el más óptimo para protegerse de las ondas sonoras y barrera reflejante. Dado a los resultados obtenidos se tiene que los materiales porosos (corcho y madera) absorbieron hasta un 80% aproximadamente mientras que el vidrio y madera de guarumo fue de 70%. Los valores promedios de madera balsa, madera de guarumo, vidrio y corcho son de 69,12; 63,74; 57,04; y 66,01 decibeles respectivamente.

Lobos (2008), en su tesis “Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt” detalla que los vehículos que componen el parque automotriz de una ciudad, constituyen la principal causa de la contaminación por ruido en una superficie total de 9,021 km², de los puntos analizados se tiene que 24,1% son inaceptables en el día mientras el 33,3% lo son en la noche, así mismo no se presentan diferencias significativas en cuanto a los días de semana en periodo diurno por la gran actividad de la zona.

Marcillo (2018), en su tesis “Análisis del aprovechamiento acústico de los paneles elaborados con balsa y su aplicación en ambientes interiores” indica que los paneles poseen la capacidad de retener el ruido, dado a que cuentan con capacidades de aislamiento considerando una tendencia de 60 dB y alejado en 80 o 95 dB. Así mismo la madera balsa es un aislante acústico siempre y cuando su grosor sea igual o mayor a 10 cm, así mismo se trabajarían mejor si se combinase.

Rozas *et al.*, (2003) en su artículo titulado “Aportación de los forjados de poliestireno expandido a la mejora de la transmisión de ruido de impactos” explica que los forjados hechos con bovedillas de EPS, son utilizados en España, considerándolo como alternativa válida que cumple con especificaciones acústicas presentes y futuras, en dicho trabajo se empleó losas flotantes para complementar las construcciones de niveles de 45 dB reduciendo hasta 65 dB, es así que su respuesta se da por la combinación de elementos en una construcción.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Cárdenas (2017) realizó el trabajo “Encapsulamiento acústico para reducir la contaminación del ruido en la empresa metalmecánica AJ Servicios Generales & FM S. A. C en el distrito de Villa el Salvador, 2017”, tuvo como objetivo determinar la efectividad del encapsulamiento acústico para reducir la contaminación sonora en la mencionada empresa. La experimentación está basada en encapsulamiento con materiales acústicos aislantes como planchas de cartón compactado y jabas de huevo y absorbente como lana de polietileno. Se concluye que se redujo los datos un 16,56 dB(A) en encapsulamiento mientras que en exterior disminuyó a 65,38 dB con valores dentro de la normativa vigente.

Salas *et al.* (2016); en su investigación titulada “Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú” (UNTRM) concluyó que el ruido ambiental en el campus de la UNTRM sobrepasa los niveles permitidos de calidad Ambiental para la zona de protección especial (< 50 dBA). El desarrollo de actividades generaba elevada contaminación ambiental como el uso de maquinarias de construcción y tráfico vehicular es una de las causas. En este trabajo también se elaboró un mapa de ruido ambiental que permite identificar las zonas con mayor contaminación acústica

Carranza *et al.*, (2014); En su investigación titulada “Determinación de la capacidad de absorción sonora de barreras acústicas a partir de residuos orgánicos” indica que las barreras acústicas elaboradas a partir de residuos orgánicos tienen una alta capacidad de absorción de ruido, resaltando las barreras hechas a partir de corontas de maíz las cuales presentaron un coeficiente de absorción acústica entre 0,5% y 0,9%.

OEFA (2011), en su trabajo de “Evaluación rápida del nivel de ruido ambiental en las ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco, y Tacna” concluye que el parque automotor es la principal causa de la contaminación acústica, y los principales componentes son: ruido de bocinas, silbatos de los policías, vehículos de motores antiguos y falta de silenciadores en los tubos de escape; obteniendo valores que el valor máximo encontrado fue de 81,7 dBA en Lima en Av. Abancay con Jr. Cusco mientras que el mínimo fue de 63,3 dBA, en la ciudad de Tacna en Av. Jorge Basadre entrada de Tarata (Tacna).

Inche & Chung (2010), en el artículo “Diseño y desarrollo de nuevos materiales textiles para el aislamiento y acondicionamiento acústico”. Indica que se reduce el ruido con lana de vidrio y napa textil de 20 a 30 dB dado a que son materiales absorbentes por ser porosos. La investigación se desarrolla con una cámara de 1,2 m de cada lado con triplay y producto aislador de acuerdo a la norma UNE-EN 20354. Teniendo como resultado que la lana de vidrio posee mayor absorción que la napa textil, dado a que

tuvo resultados de 20 a 30 dB. Siendo aplicados en casas, establecimientos, industrial y otros.

2.1.3. Antecedentes Locales

Yagua (2016); en su tesis titulada “Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido - 2016” se determinó la presencia de dos vías que presentan niveles de presión sonora que resaltaron sobre el resto: la Avenida Bolognesi y la Avenida Patricio Meléndez cuyos niveles fluctúan entre los 70 dB y 75 dB, así mismo se observó que durante los fines de semana los niveles de ruido son superiores a los de la semana y en cuanto a la percepción de la población el 92% reconoce que presenta sensibilidad respecto al ruido y un 61% considera que la presión sonora genera incomodidad.

Limache (2011); en su tesis de maestría titulada “Diagnóstico de la contaminación sonora emitida por el tráfico vehicular que permita proponer medidas correctivas al sistema de gestión ambiental en el distrito de Tacna, 2010”; se indica que la presión sonora supera los niveles permisibles de 70 decibeles, por lo que es factible plantear medidas correctivas como auditoría ambiental sobre ruido a la Municipalidad Provincial de Tacna - Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud, una nueva ordenanza municipal de control del ruido del tráfico vehicular y el diseño del mapa de ruido para mejorar su gestión ambiental.

Pérez *et al.*, (2012); en su investigación titulada “Evaluación de la Contaminación Sonora en la Ciudad de Tacna” se concluye lo siguiente; Todos los puntos de monitoreo han sobrepasado los niveles establecidos en el D.S. N°085-2003-PCM, del 24/10/2003. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Los niveles máximos de ruido ambiental son superiores a los 70 dB fijados para zonas comerciales en horario diurno, y en horario nocturno 60 dB, según el Decreto Supremo N°085-2003-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Los mapas obtenidos de los diferentes puntos de monitoreo se representaron mediante un sistema de información geográfico, con el fin de determinar estado del ambiente sonoro de su entorno.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Dimensión física de los materiales de insonorización

A. Barreras acústicas

Según Ocaña (2018), las barreras acústicas forman parte de los sistemas principales para el control del sonido, son barreras que se introducen entre la emisión del sonido y la fuente receptora. Su función principal es el control del sonido de equipos y del parque automotor principalmente, con la finalidad de evitar el impacto de ondas directas en el receptor.

En cuanto a la disminución del sonido se ve influenciada por cinco factores esenciales: su dimensión, distancia entre la fuente emisora y receptora, el material que se utilice como barrera, características del ambiente donde se realice y el espectro del sonido. Así mismo existen barreras de atenuación que son más eficientes al aumento de la frecuencia reduciendo de 10 a 15 dB. (Ocaña, 2018)

B. Absorbentes acústicos

Según Ocaña (2018), el absorbente acústico es aquel material con propiedad de coeficiente de absorción de sonido total o parcial del del espectro de frecuencias auditivas, de los cuales se tiene las fibras naturales como fibra de coco, yute, cáñamo entre otros.

C. Descripción de los materiales del estudio

- Lana de vidrio o fibra de vidrio

Soto (2012), es un material fibroso obtenido a partir del vidrio mediante los procesos de fundición, centrifugación y otros tratamientos, siendo así utilizado como aislante acústico y térmico. Dado a que cuenta con un gran número de celdillas es por ello que cuenta con coeficientes de absorción acústica entre 0,85 y 0,95 ideal para ser utilizado como tratamiento acústico en las paredes divisores

de los sistemas constructivos livianos. En el mercado es encontrado en rollos de 18,3 m de longitud por 1,2 m de ancho.

Del Castillo (2017) lo define como fibra mineral compuesta con millones de filamentos unidos de vidrio más aglutinante, consiguiendo atrapar aire entre sus fibras que incrementa la resistencia al calor.

- Madera

Urmeneta (2014), considera como un aislante flexible comprimible para paredes, techados y suelos entre las principales aplicaciones, asegurando el aire ambiental interior y transpirabilidad por sus características naturales, así como silencio y confort. Es empleado para el techado en las cavidades interiores y bajo las mismas, paredes para aislamiento exterior, bajo revestimiento y la construcción en madera así como aislamiento interior en techo y suelo.

- Poliestireno expandido

Urmeneta (2014), denomina como un material con excelente capacidad de aislamiento térmico frente a las condiciones climáticas, es así por su estructura que contiene aire oculto en su estructura de poliestireno, alrededor del 98% del volumen del material es netamente aire (aislante térmico) y 2% materia sólida de poliestireno.

D. Tipos de materiales

- Materiales antivibratorios

Rougeron (1977); considerado como aquellos que se oponen a la vibración provocada por máquinas y sus impactos, principalmente utilizados para construcción en montajes y dispositivos para maquinaria de ascensores, calefacciones, etc., son considerados el corcho, fibras minerales y caucho.

- Materiales absorbentes

Según Rougeron (1977); es utilizado para la corrección acústica ya que en lugar de reflejar la onda incidente absorben la energía o parte de ella ocasionando así la corrección acústica, es así que refleja la onda sonora incidente. Los productos absorbentes son fibras minerales, vegetales y animales

E. Características físicas de los materiales absorbentes sonoros porosas

Según Castillo *et al.*, (2012); considera entre ellas la porosidad que vendría a ser la cantidad de volumen de aire contenido dentro del absorbente, es por ello que los más cercanos a 1 vienen a ser los más eficientes sin embargo eso puede reducir su relación para obtener resistividad al flujo, dado a la existencia de poros cerrados que no se consideran. Como se observa la siguiente tabla, en cuando a porosidad los más empleados son:

Tabla 1:

Propiedad típica de algunos materiales

Material	Porosidad característica (%)
Lana Mineral	0,92 – 0,99
Espumas de celda abierta	0,95 – 0,995
Tabla de fibra de madera	0,65 – 0,80
Tabla de fibra de madera	0,50 – 0,65
Hormigón de piedra pómez	0,25 – 0,50
Relleno de piedras y grava	0,25 – 0,45
Filtros cerámicos	0,33 – 0,42
Ladrillo	0,25 – 0,30
Metal sinterizado	0,10 – 0,25
Ladrillo Refractario	0,15 – 0,35
Arenilla	0,02 - 0,06
Mármol	0,005 aprox.

Fuente: Castillo *et al.*,(2012)

De lo cual se tiene la lana mineral con la mayor porosidad de 0,92 – 0,99 seguido de espumas de celda abierta 0,95 – 0,995, mientras que la tabla

de fibra de madera cuenta con 0,50 – 0,80 mientras que en el otro extremo se encuentra el mármol de 0,005 aprox.

2.2.2. Nivel de presión sonora

A. Monitoreo de Ruido Ambiental

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2012); se define como la medición del nivel de presión sonora dada por diferentes fuentes del exterior ya sean fluctuantes, estables, intermitentes e impulsivos por el periodo, es por ello que la metodología del monitoreo cuenta con directrices al momento de realizarlo:

- El sonómetro mantenerse lejos de la fuente de ruido, como de superficies reflectantes (paredes, suelo, techo, objetos, etc.).
- El operador deberá alejarse al máximo del equipo evitando apantallamiento, si el equipo no requiere al operador cerca o en caso contrario tener al operador a distancia prudente sin apantallar sonómetro. Uso de tripode indispensable.
- No realizar mediciones con fenómenos climatológicos adversos como lluvia, granizo, tormentas, etc.
- Considerar anotado episodios inesperados que generen ruidos.
- Considerar los ruidos de fondo.
- Adecuar el procedimiento de medición y capacidad del equipo según tipo de ruido.
- Los pasos son:

Paso 1: Calibración:

- Calibración de campo: Realizada durante, antes y después de cada medición de ruido.
- Calibración de laboratorio: corresponde a la realizada en un laboratorio especializado y cumple con la norma internacional, comisión electrónica internacional (IEC) 60942(1998).

Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido

Fuentes de ruido:

- a. Fijas puntuales: son aquellas donde la emisión de ruido se localiza en un punto como una máquina estática, donde sus ondas se propagan de manera cilíndrica.
- b. Fijas zonales o de área: Varias fuentes que por su proximidad pueden considerarse como una zona de discotecas, parque industrial o zona industrial.
- c. Móviles detenidas: se considera un vehículo móvil que genera ruido por el funcionamiento de motor como el de todo tipo de transporte.
- d. Móviles lineales: Correspondiente a una avenida donde transitan vehículos y su onda será esférica.

Tipos de ruido: De acuerdo a la norma técnica peruana (NTP) ISO 1996-1 se consideran los siguientes de acuerdo al tiempo y tipo de actividad que genera ruido:

- a. Ruido estable: Es aquel que se mantiene constante y no varía a más de 5 dB por un minuto.
- b. Ruido fluctuante: Presenta fluctuaciones por encima de 5 dB por un minuto.
- c. Ruido intermitente: Se presenta solo por ciertos periodos en más de 5 segundos.
- d. Ruido impulsivo: Se presenta en cortos periodos normalmente no mayor a 1 segundo.
- e. Ruido de tráfico automotor, ferroviario, aeronaves, y generado por plantas industriales, edificaciones y otras.

Paso 3: Ubicación del punto de monitoreo e instalación del sonómetro:

Cuando se hayan definido las fuentes de generación, se selecciona el o las áreas afectadas para luego proceder a la instalación del sonómetro el cual debe ubicarse a 1,5 m sobre piso, registrar los datos en la hoja de campo, direccionar el micrófono a la fuente emisora.

Paso 4: Identificación de las unidades de ruido; considerando aquellas que describen al ruido en cantidades físicas como:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{eq}): es el nivel de ruido continuo con la misma energía del ruido analizado.
- Nivel de presión sonora máxima (L_{max}): Es el máximo Nivel de Presión Sonora (NPS) en un período de medición dado.
- Nivel de presión sonora mínima (L_{min}): Es el mínimo Nivel de Presión Sonora (NPS) en un período de medición dado.

Paso 5: Medición de ruido: El operador debe estar atento a lo que marca la pantalla del instrumento que ayudara al momento de identificar el tipo de ruido que se medirá.

Para sonómetros integradores clase 1 o 2: Se realizara mínimo 10 mediciones de 01 minuto cada una por cada punto de monitoreo, considerando el periodo de acuerdo al plan de monitoreo, en donde se deberá anotar L_{max} , L_{min} y el L_{AeqT} .

Paso 6: Corrección de datos:

- Sonido residual: Se considera como aquel ruido al que se encuentra fuera del proceso de investigación como el tráfico vehicular entre otros.
- Condiciones climáticas: Como bien se sabe ciertas condiciones climáticas favorecen a la propagación de ruido o amortiguamiento de este.

B. Zonas de aplicación

Según MINAM (2003); durante el año 2003 se aprobó el “Reglamento para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, mediante D.S. N° 085-2003-PCM” con los valores siguientes:

Tabla 2:***Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido***

Zonas de aplicación	Valores expresados en LAeqT	
	Horario diurno	Horario nocturno
	7:01 – 22:00	22:01 – 7:00
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Fuente: (MINAM, Reglamento para los estándares nacional de calidad ambiental para ruido, 2003)

- Zona comercial: De acuerdo al gobierno local vendría a ser el área autorizada para realizar actividades de servicios y comerciales.
- Zonas críticas de contaminación sonora: Corresponde a todas aquellas zonas en las cuales el nivel de presión sonora sobrepasa los 80 dBA.
- Zona industrial: Corresponde al área en donde se realizan actividades industriales delimitado por el gobierno local.
- Zonas mixtas: Existe cuando en una zona ya sea manzana o zonificaciones de combinan en áreas colindantes como: Residencial - Comercial – Industrial, residencial - comercial, comercial – industrial o residencial – industrial.
- Zona de protección especial: Correspondientes a los sectores que requieren una protección espacial contra el ruido por poseer una alta sensibilidad acústica como establecimientos de salud y/o educativos, asilos y orfanatos.
- Zona residencial: Corresponde a las zonas con presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblacionales destinadas para el uso con viviendas o residencias caracterizadas por el gobierno local.

C. Normativa

- Normativa Internacional

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) se consideran los siguientes:

Tabla 3:
Valores guía para el ruido comunitario en ambientes específicos

Ambiente específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	LAeq [dBA]	Base de tiempo [h]	LAfmax [dBA]
Exteriores de zona de viviendas	Seria molestia, del día al atardecer.	55	16	-
	Molestia moderada, de día y al atardecer	50	16	-
Exterior dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores exteriores)	45	8	60
Aulas escolares y preescolares, interior	Inteligibilidad de la palabra, perturbación de la extracción de información, y la comunicación de mensajes	35	Durante las clases	-
Dormitorios preescolares, interior	Perturbación del sueño	30	En horas de sueño	45
Patio de recreo escolar, exterior	Molestia (fuentes externas)	55	Durante los juegos	-
Hospital, dormitorios de guardia, interior	Perturbación del sueño, de noche	30	8	40
		30	16	-
Hospital, habitaciones, interior	Interferencia con el descanso y la Recuperación	Lo menor posible		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interior y exterior	Daño auditivo	70	24	110
Ceremonias, festivales y actos de entretenimiento	Daño auditivo (concurrentes: < 5 veces por año)	100	4	110
Sistemas públicos de refuerzo sonoro, exteriores e interiores	Daño auditivo	85	1	110
Música y otros sonidos a través de auriculares	Daño auditivo (valor de campo libre)	85(2)	1	110

Ambiente específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	LAeq [dBA]	Base de tiempo [h]	LAfmáx [dBA]
Sonidos impulsivos de juguetes, pirotecnia y armas de fuego	Daño auditivo (adultos) Daño auditivo (niños)	-	-	140(1)
Exteriores en parques y reservas naturales	Perturbación de la tranquilidad	(3)	-	120(1)

(1) Nivel de pico Lpeak, no LAfmáx, medido a 100 mm del oído

(2) Utilizando auriculares, valores adaptados a campo libre

(3) Deben preservarse las áreas exteriores existentes, y mantener una baja relación entre ruidos intrusivos y ruido de fondo natural

Fuente: (Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas & Schwela, Dietrich, 1999)

- Normativa nacional

La Constitución Política del Perú (1993), en su Artículo 2° inciso 22 detalla como deber primordial garantizar el derecho a gozar de un ambiente adecuado y equilibrado del desarrollo de la vida para cada persona.

Art. 67° el Estado establece política nacional ambiental y fomenta uso sostenible de los recursos naturales.

Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente, en su Art. 133° describe que la vigilancia y monitoreo ambiental buscan generar información para adoptar medidas y cumplir objetivos de normativa y política del ambiente.

Ley N° 26842 – Ley General de Salud, en su Art. 105° describe que la autoridad de salud dicta medidas para minimizar y controlar riesgos a la salud de las personas.

Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, en su Art. 80° detalla que las municipalidades en materia de saneamiento, salubridad y salud tiene por objetivo controlar emisión de humos, ruidos, gases y demás elementos contaminantes al ambiente y atmosfera.

De acuerdo al D.S. N°085-2003-PCM “Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido” (MINAM, 2003)

- Artículo 23 - Las Municipalidades Provinciales, sin perjuicio de las funciones legalmente asignadas, tienen competencias para:

- a) Elaborar e implementar, con la ayuda de las municipalidades estrategias de control y prevención en cuanto a contaminación sonora, según lo dicta el artículo 12 de este reglamento.
- b) Fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de este reglamento, para prevenir y controlar los aspectos de la contaminación sonora.
- c) Elaborar, determinar y aplicar con la escala de sanciones en cuanto a actividades dentro de su competencia, siempre y cuando no se adecuen a lo establecido en este reglamento.
- d) Dictar normas de prevención y control de contaminación sonora para las diferentes actividades de servicios, domésticas y comerciales todo previa coordinación con las municipalidades distritales.
- e) Elaborar con las Municipalidades Distritales, los límites máximos permisibles de los servicios y/o actividades dentro de su competencia.

- Artículo 24.- De las Municipalidades Distritales

En cuanto a las Municipalidad Distritales, sus funciones legalmente asignadas les otorgan una competencia para:

- a) Implementar con previa coordinación de la Municipalidades Provinciales, planes de prevención y control en materia de contaminación sonora, según lo establecido al artículo 12 de este reglamento.

- b) Actuar de fiscalizador en el cumplimiento de las disposiciones en este reglamento para prevenir y controlar la contaminación sonora según lo haya establecido la Municipalidad Provincial.
- c) Elaborar, determinar y aplicar con la escala de sanciones en cuanto a actividades dentro de su competencia, siempre y cuando no se adecuen a lo establecido en este reglamento dado por la Municipalidad Provincial correspondiente.

Reglamento nacional de edificaciones:

Control de ruido: Niveles recomendados de ruido interior; los valores utilizados para confort acústicos interior para los locales o actividades típicas son: (Vivienda, 2006)

Tabla 4:

Niveles recomendados de ruido interior

DESTINO/ACTIVIDAD	NIVEL MAXIMO DE RUIDO
Dormitorios	30 a 40 (dB)
Biblioteca Silenciosa	35 a 40 (dB)
Sala estar	40 a 45 (dB)
Oficinas privadas	40 a 45 (dB)
Aula de escuela	40 a 45 (dB)
Oficinas generales	45 a 50 (dB)

Fuente: (Vivienda, 2006)

- Normativa local

De acuerdo a la O.M. 0030-2009 “Reglamento de Control y Regulación de Ruidos en el Ámbito Urbano” se consideran los siguientes valores en Tacna: (Gambetta, 2009)

Artículo 3: Para efectos de la presente ordenanza reglamentaria, se entenderá por:

- Ruidos nocivos: Aquellos producidos en vía pública, domicilios, establecimientos comerciales y/o industriales así como lugares públicos o privados que excedan los niveles:

Zona residencial	80 decibeles
Zona comercial	85 decibeles
Zona industrial	90 decibeles

- Ruidos molestos: Aquellos producidos en vía pública, domicilios, establecimientos comerciales y/o industriales así como lugares públicos o privados que excedan los niveles, sin alcanzar los señalados como ruido nocivo:

	De 07:01 a 22:00 hrs	De 22:01 a 7:00 hs
Zona de protección especial	50 decibeles	40 decibeles
Zona residencial	60 decibeles	50 decibeles
Zona comercial	70 decibeles	60 decibeles
Zona industrial	80 decibeles	70 decibeles

D. Tipos de ruido:

De acuerdo a lo indicado por el MINAM (2013) de acuerdo a la Norma Técnica Peruana ISO 1996-1 existen varios tipos de sonidos, que son considerados como ruido, dentro de los cuales se tiene:

a) En función al tiempo:

- Ruido Estable: Es producido por cualquier fuente emisora de sonido la cual no va a presentar fluctuaciones (más de 5 dB) por un periodo de más de un minuto como se podría considerar al ruido de las discotecas o industrias.
- Ruido Fluctuante: Es llamado así por presentar fluctuaciones sonoras por arriba de los 5 dB por un tiempo de 1 minuto.
- Ruido intermitente: Es aquel presentado en periodos pequeños de tiempo más de 5 segundos generalmente. Entre estos están los compresores de aire.
- Ruido impulsivo: Es aquel correspondiente a pulsaciones de corta duración menos de un segundo. Como el sonido de un disparo.

b) En base a la actividad generadora de ruido se tiene:

- Ruido generado por el tráfico automotor.
- Ruido generado por servicios y recreativas, plantas industriales, edificaciones y otras actividades productivas.
- Ruido generado por el tráfico de aeronaves.
- Ruido generado por el tráfico ferroviario.

E. Niveles de decibelios en nuestro entorno

Según Sanchez, (2010); La presión acústica se mide en decibelios (dB) y los especialmente molestos son los que corresponden a los tonos altos (dB-A). El sonido perjudicial se da a partir de los 75 dB mientras que a 120 dB es doloroso es así que el oído necesita al menos 16 horas de reposo con la finalidad de compensar las 2 horas de exposición a 100 dB, si llega a los 180 dB podría causar la muerte. Los decibeles considerados a diario son:

- De 10 a 30 dB: Los niveles de presión sonora son bajos. Hace referencia a una conversación tranquila en la biblioteca.
- De 30 a 50 dB: Los niveles de ruido son bajos. Hace referencia a una conversación normal o al sonido de una cañería o nevera en buen estado.
- De 55 a 75 dB: Se establece en un nivel de ruido considerable. Como el de una aspiradora que es de 65 dB, tráfico, despertador de volumen elevado, lavadora, teléfono móvil o una lavadora es de 75 dB.
- De 75 a 100 dB: Ya es considerado un nivel alto de ruido dado a que la sensación es molesta. Aquí se consideran la sirena de policía y atasco de tránsito de 90 dB.
- De 100 a 120 dB: Siendo este un nivel muy alto, por ello dentro de una discoteca llega hasta los 110 dB, taladros 120 dB al igual que el claxon y concierto de rock.

- De 120 dB a más: En este punto se presenta la posibilidad de sordera. Como el ruido de despegue de avión a una distancia menor a 25 metros o petardo con estallido cerca.

2.2.3. Capacidad de insonorización o aislante de ruido

A. Aislamiento acústico

Según Varis (2014), el confort de los ambientes interiores depende de que este correctamente acondicionado y aislado del medio exterior. El acondicionar espacios como salas de conferencia, teatros, auditorios es fundamental para atenuar su propagación de sonido con otros locales.

Según Cobo Parra (1997), es conocido como un elemento efectivo para reducción de ruido en paredes, techos y suelos. El aislamiento de un panel puede ser predicho o medido. El coeficiente de transmisión de una partición, $\tau(\theta, \omega)$, es conocido como el cociente de la potencia sonora transmitida, $W_t(\theta, \omega)$ y la potencia sonora incidente, $W_i(\theta, \omega)$

$$\tau(\theta, \omega) = \frac{W_t(\theta, \omega)}{W_i(\theta, \omega)} \dots (1)$$

El conocido aislamiento acústico o pérdida de transmisión sonora del panel, $R(\theta, \omega)$, es una medida logarítmica del inverso del coeficiente de transmisión, que se detalla de la siguiente manera:

$$R(\theta, \omega) = 10 \log \frac{1}{\tau(\theta, \omega)} = 10 \log \frac{W_t(\theta, \omega)}{W_i(\theta, \omega)} \dots (2)$$

Piedrahita & Fajardo (2012) considera las pérdidas de transmisión (TL) cuando una onda sonora debe atravesar un obstáculo

Tabla 5.***Coefficientes de absorción***

Nombre del Material	Frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Pared de ladrillo, sin pintar	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Pared de ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Revique, yeso sobre ladrillos huecos, pintados o sin pintar	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Enlucido de yeso sobre la pared	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Revoque de cal	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Enlucido rugoso de cemento	0,02	0,02	0,06	0,08	0,04	0,05
Hormigón enlucido con cemento	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Hormigón, sin pintar	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Hormigón pintado	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Vidrio de ventanas normal 5	0,03	0,04	0,027	0,03	0,02	0,02
Vidrio de Láminas de 0,3 a 0,5 cm de espesor	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
Vidrio de Espejo 5	0,03	0,02	0,019	0,01	0,07	0,04
Ventana abierta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Rejilla de Ventilación	0,50	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
Madera Maciza y pulida de 5cm	0,10	--	0,05	--	0,04	0,04
Madera Barnizada	0,05	--	0,03	--	0,03	--
Madera, plataforma con gran espacio de aire debajo	0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10
Entablado de madera de 2,5cm	0,19	0,16	0,13	0,10	0,06	0,06
Madera de 1,5cm barnizada con 5cm de cámara	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,01
Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06
Madera de 0,3cm con 5cm de cámara rellena de fibra de vidrio	0,61	0,65	0,24	0,12	0,10	0,06
Placa de madera de 1,6cm sobre listones de 4cm	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Panel perforado de fibra-yeso	0,40	0,80	0,62	0,92	0,81	--
Panel de fibra de madera	0,47	0,52	0,50	0,55	0,58	0,63
Corcho sobre cemento	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Corcho en General	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
Contrachapado de madera sobre pared	0,05	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10
Papel mural grueso	0,02	--	0,04	--	0,07	--
Lana mineral de 2,5cm	0,06	0,19	0,39	0,54	0,59	0,75
Lana mineral de 10cm	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,79

Nombre del material	Frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Lana de vidrio de 6 cm	0,09	0,39	0,61	0,74	0,83	0,87
Lana de vidrio de 9 cm	0,32	0,40	0,51	0,60	0,65	0,60
Lana de vidrio con Papel, 9 cm	0,20	0,43	0,51	0,53	0,30	0,12
Lana mineral a granel de 10cm	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,80
Lana Mineral con cubierta de metal perforado con 10 aberturas de 1,5 mm de diámetro a 1 cm ³	0,09	0,25	0,48	0,66	0,57	0,47
Fibra de Vidrio 4 cm	0,20	0,35	0,65	0,80	0,75	0,65
Fibra de Vidrio 10 cm	0,75	0,96	0,96	0,90	0,84	0,74
Tela algodón, 0,5 Kg/m ² , colgando sobre la pared	0,04	--	0,35	--	0,32	--
Tela algodón, plegada a un 50%	0,04	0,23	0,40	0,57	0,53	0,40
Tela algodón, plegada a un 75%	0,07	0,31	0,49	0,81	0,66	0,54

Fuente: (Ordoñez Alonzo, 2009)

B. Absorción Acústica

Según Boschi *et al* (2005), La absorción acústica consiste en la característica de algunos materiales en transformar la energía sonora en otro tipo de energía principalmente energía calórica, no obstante, la formación de energía calórica es insignificante (ver figura 01)

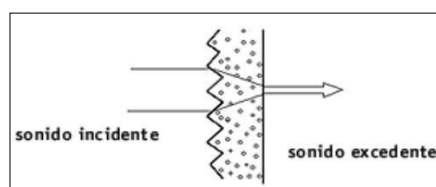


Figura 1: Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad

Fuente: Boschi, (2005)

Son considerados materiales absorbentes, aquellos cuya composición de células intercomunicada permite el flujo del aire, por consiguiente, son acústicamente permeables. No todas las esponjas tienen la capacidad de absorción acústica, para esto se debe considerar las variables densidad porosidad y grado de permeabilidad.

Por consiguiente, se considera material permeable aquellos que permiten disipar el sonido y transformarlo en energía calórica, mientras más largo sea el recorrido de la estructura celular a atravesar mayor

será la transformación en energía calórica. Cabe resaltar que el espesor está en relación al rango de frecuencia. Por ejemplo, los de mayor espesor actúan tanto en los sonidos agudos como graves mientras que los de baja densidad solo en los agudos.

C. Aislamiento acústico de locales

Según Saposhkov (1983); El aislamiento acústico de locales es utilizado para determinar el nivel de ruidos que puede introducirse del exterior al interior de un recinto es así que todos los establecimientos requieren de aislamiento. La diferencia entre los niveles sonoros que se obtienen en el exterior del local L1 y en el interior L2 a esto se le conoce como aislamiento acústica del local:

$$Q_{aisl} = L_1 - L_2 \dots (3)$$

Q_{aisl} = Cantidad aislante de sonido.

D. Sonómetro integrador tipo I

- HANGZHOU AIHUA, AWA6228

Según Hangzhou, (2011), de acuerdo a las especificaciones se tienen las siguientes:

- Micrófono: condensador de medición pre – polarizado. Nivel de sensibilidad: - 46dB ~ - 26dB (1V/Pa ref.)
- Rango de frecuencia: 10Hz ~ 20kHz ± 1 dB (excluyendo micrófono)
- A / D bits: 24 bits
- Frecuencia de muestreo: 48 kHz
- Ruido eléctrico Antecedentes: <ponderado A 3μV, 4μV ponderado C, pondero Z 5μV (excluyendo preamplificador, un corto circuito directo con Resistencia de 50Ω)
- Medición del límite superior: con sujeción a la sensibilidad del micrófono. Se puede estimar que por " nivel de sensibilidad del micrófono - 94"

- Rango dinámico: > 110 dB (ponderado A), no tiene que cambiar el rango de medición
- Tiempo modos ponderados: F, S, I paralelas (Síncrono)
- Modos de Frecuencia ponderados: A, C, Z Paralelo (síncrono) características de detección: detección digital de verdadero valor eficaz
- Cumple normas: IEC61672 clase 1, cuando se utilizan el preamplificador modelo AWA14602 y micrófono y es de clase 2, cuando tiene el Modelo AWA14421.
- Pantalla: 128 × 128 LCD, 16 niveles de contraste, retroiluminación LED
- Contenido de la pantalla: se puede medir y visualizar más de 12 índices, tabla Estadística, el acumulativo y el de 24h en una forma en tiempo real.
- Función de la medida: Análisis Estadístico, Control automático de 24 horas, la medición del ruido del aeropuerto.
- índices de medición: L_{xyi} , L_{xyp} , L_{Xeq} , L_{xmax} , L_{xmin} , L_{Xn} , SD , SEL , E , LC_{peak} , T_d , $LEPN$ etc.
- Almacenamiento de datos: 128 grupos de Estadística y los resultados del análisis con la data.
- Interfaz de salida: CA, CC, RS -232C al ordenador o mini-impresora, interfaz USB (módulo de tarjeta SD de alta capacidad requerida)
- 1) Salida de AC: la señal de amplitud de salida puede ser pequeña señal, señal grande, AC, o 1 kHz. Su salida puede estar conectada a un auricular de 8Ω (potencia de salida: 150mW, distorsión armónica: < 0,1 %).
- 2) Salida de CC: Nivel de presión acústica instantánea de los tres modos de frecuencia ponderada (A, C, Z) y tres modos ponderadas según el tiempo (F, S, I), escala de salida: 20mV/dB. Para 100dB, su voltaje de salida es 2V, y la tensión de salida máxima es de 3,3V.
- 3) Interfaz RS232: cuando está conectado al ordenador, puede hacer salir el nivel de presión acústica instantánea de los tres modos de frecuencia ponderada (A, C , Z) y tres modos de tiempo ponderado (F, S, I), 1s nivel máximo de presión sonora, nivel de presión de sonido integrante a 1s, y

resultado de la medición almacenada de una manera en tiempo real; cuando se conecta a AH40 mini- impresora, se puede imprimir el resultado de la medición y las datos pertinentes .

- 4) Interfaz USB: Sólo está disponible cuando el usuario tiene módulo de tarjeta SD de alta capacidad. Cuando el medidor se conecta al ordenador mediante un cable USB, el medidor se convierte en un disco externo U. Cumple con el estándar USB 1.1 y es compatible con USB 2.0 estándar.
- Reloj Calendario: error inferior a 1 min por mes, el tiempo de GPS y calibración, batería de reserva incorporada.
- Fuente de alimentación: 4 x pila alcalina LR6 o 5V fuente de alimentación externa. Su corriente de trabajo es de aproximadamente 120 mA, y el valor máximo es de aproximadamente 200mA.
- Función del Análisis Estadístico: Frecuencia de ponderación / ponderación de tiempo se puede seleccionar, frecuencia de muestreo: 47 veces / s
- Tiempo de medición: manual, 1s - 99h o en etapas.
- Medio ambiente: Temperatura de trabajo: $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
 Humedad Relativa: 20 % ~ 90 %
 Presión Atmosférica: 65 kPa~108kPa
- Dimensiones (mm): 260 × 80 × 30
- Función de posicionamiento GPS (opcional): Medir la longitud, latitud, altitud, velocidad de movimiento, que puede ser registrado junto con el resultado de la medición de ruido. La información de posicionamiento GPS también se puede utilizar para medir la distancia y dirección del movimiento lineal entre dos puntos.
 - 1) Tipo de Receptor: 16 canales
 - 2) Velocidad de actualización: 1 Hz
 - 3) Precisión de posicionamiento: 2,5 m
 - 4) Hora de inicio: arranque en caliente < 3,5 s Arranque en caliente 33 s
 Arranque en frío 34 s
 - 5) Recepción de sensibilidad:
 Seguimiento - 158dBm

Capture- 148dBm

Arranque en frío - 142dBm

6) Tiempo de precisión: 50 ns

7) Límite de Reproducción:

Altitud < 18.000 m

Velocidad < 515 m / s

- Función de la tarjeta SD alta capacidad (opcional):
 - 1) Los resultados de las mediciones se almacenan en la tarjeta SD en el formato de archivo de texto. Estos archivos se pueden abrir en el EXCEL directamente
 - 2) Durante el análisis estadístico, también puede grabar de forma sincrónica el valor instantáneo o 1s valor integral y el cambio de la información de posicionamiento con el tiempo
 - 3) La tabla del FAT se utiliza para la gestión de archivos. Soporta formato FAT16/FAT32, y soporta capacidad de la tarjeta SD de hasta 2 GB.
 - 4) Cuando se conecta al ordenador a través de la interfaz USB, cambia la tarjeta SD en el disco de U.
- Función de registro (módulo de tarjeta SD de alta capacidad requerida)

Formato de registro: 48000 muestreos de frecuencias, 16 bits de precisión.

Formato de archivo: Formato WAV, que contiene información de calibración.

Tiempo de grabación: 1s -1h

Replay: por el sonómetro o el ordenador.
- Función de Análisis de Octava de Banda (Opcional)

Tipo de Filtro: paralelo (en tiempo real) de banda de octava, G=2

Estándar Fulfile: IEC61260 clase 1, la Frecuencia Central del filtro: 16 Hz, 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz (Para la clase 2, no 16 Hz y 16 kHz).

El Índice del nivel de presión sonora en octava de banda, significa constante en tiempo:

 - 16 Hz para la frecuencia central y 31,5 Hz, es 350 ms.

- Para otras frecuencias centrales, es 125 ms

Velocidad de análisis en tiempo real: aprox. 47 veces / seg, completar de forma síncrona toda la frecuencia central y ponderado A, en C, y Z. Interfaces de medición: Interfaz de lista y la interfaz gráfica. La interfaz de la lista y la interfaz gráfica se pueden visualizar de forma sincrónica, el nivel de presión acústica de banda de 11 frecuencias centrales, así como ponderado en A, C y Z del nivel de presión acústica.

Nivel rango lineal: Por encima de 70dB

Índices de medición: Lfmi, Lfmeq, 1s, Lfmeq, T

2.3. Definición de términos

Acústica

Es referenciada como energía mecánica en forma de ruido, trepidaciones, infrasonidos, sonidos, vibraciones, y ultrasonidos. (MINAM, 2013)

Barreras Acústicas

Son considerados como aquellos dispositivos que se encuentran entre la fuente emisora y el receptor con la finalidad de atenuar la propagación aérea del sonido, siendo así que no incide en el receptor. (MINAM, 2013)

Según Velásquez (2015); lo detalla como material óptimo para aislamiento térmico dado a que en su estructura poseen pequeñas celdas absorbentes de ruido que garantizan su aislamiento.

Decibel (dB)

Es la unidad adimensional para expresar la cantidad de medida y una cantidad de referencia. Es la décima parte del Bel (B) y es en lo que se expresa el nivel de presión sonora. (MINAM, 2013)

Decibel A (dBA)

Es la unidad adimensional de la presión sonora medido con un filtro de ponderación A, el cual esta adecuado al comportamiento de la audición humana. (MINAM, 2013)

Estándar de calidad ambiental para ruido

Según Gómez (2008); viene a ser una herramienta de la gestión ambiental con la finalidad de planificar y prevenir la contaminación sonora.

Lana de vidrio

Soto (2012), es utilizado como aislante acustico dado a que cuenta con una absorcion del 0,85 al 0,95 empleado en paredes divisoras de sistemas constructivos livianos.

Madera OSB

Según AITIM (2015); Es un tablero obtenido de la aplicación de presión y calor a la virutas de madera encoladas, en cuanto a su forma y espesor es variable ya que cuenta con capas de 3 principalmente, en cuanto a su aislamiento acústico es similar a la madera del que está compuesto.

Material aislante de ruido

Según Payá (2004); es el material que no permite el paso de los sonidos de un extremo a otro con la finalidad de que pierdan su intensidad. Es así que aislar acústicamente es utilizar un barrera a la propagación del ruido entre dos recintos.

Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT)

Conocido como nivel de presión sonora constante en ponderación A, que en un periodo de tiempo (T), contiene la energía total del sonido medido. (MINAM, 2013).

Poliestireno expandido

Es aquel material plástico espumado usado para la construcción para el aislamiento térmico y acústico, es considerado como corcho blanco (Velasquez, 2015).

Receptor

Es la persona o grupo de ellas que están expuestas a un ruido específico. (MINAM, 2013)

Ruido Ambiental

Según Cuadrado (2005); lo detalla como sonido exterior no deseado o dañino generado en el exterior de una propiedad que es presentado en una determinada fuente emisora.

Sonómetro

Es aquel instrumento normado utilizado para medir niveles de presión sonora (MINAM, 2013)

Sonómetro integrador:

Es aquel sonómetro capaz de calcular el nivel continuo equivalente LAeqT., además de poder transmitir sus datos al ordenador para posteriores análisis.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo

Experimental

3.2. Diseño de la investigación

Tabla 6:

Plantilla de diseño completamente al azar

Material	Sonido	Espesor
Lana de vidrio	Agudo	Grueso
Madera OSB	Agudo	Delgado
Poliestireno expandido	Grave	Grueso
Poliestireno expandido con madera OSB	Grave	
Poliestireno expandido con lana de vidrio	Agudo	
Lana de vidrio con madera OSB	Agudo	
Lana de vidrio	Grave	Grueso
Madera OSB	Grave	Delgado
Poliestireno expandido	Agudo	Grueso
Poliestireno expandido con madera OSB	Agudo	
Poliestireno expandido con lana de vidrio	Grave	
Lana de vidrio con madera OSB	Grave	
Lana de vidrio	Agudo	Delgado
Madera OSB	Agudo	Grueso
Poliestireno expandido	Grave	Grueso
Lana de vidrio	Grave	Delgado
Madera OSB	Agudo	Delgado
Poliestireno expandido	Agudo	Delgado

Fuente: Elaboración propia.

Diseño experimental completamente al azar con 18 experimentos y cinco repeticiones, con un total de 18 unidades experimentales: el cual consiste en el empleo de una caja de insonorización cúbica contraplacada de 50 cm de lado. Cada cara presentará una cavidad de 40x40x3 cm³ donde se introducirá en forma de plancha los siguientes materiales: madera OSB, lana de vidrio, poliestireno expandido.

3.3. Población y/o muestra de estudio

- Universo: materiales insonorizantes, ruido acústico
- Muestra: lana de vidrio, madera OSB, poliestireno expandido, presión acústico

3.4. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Propiedad de los materiales	Es aquel material que impide que el sonido se propague es así que al transmitirse va a perder su mayor parte de su intensidad.	Dimensión física de los materiales	Porcentaje de insonorización
Presiones sonoras	Es la energía total del sonido medido.	Contaminación acústica	Decibelios
Capacidad de insonorización	Es la capacidad de las fuentes interpuestas entre la fuente emisora y la fuente receptora que atenúan la propagación aérea del sonido.		Porcentaje de aislante de ruido.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.5.1. Calibración del sonómetro integrador tipo 1

- El sonómetro integrador tipo 1 de marca HANGZHOU AIHUA, AWA6228 cuenta con un certificado de calibración de INACAL correspondiente de fecha 24 de Enero del 2018 a la fecha 24 de Enero del 2019.

3.5.2. Construcción de cajas de insonorización

- Se construyó cajas de insonorización cúbicas, herméticas y contraplacadas de 50 cm por lado con una separación entre placa y placa de 3,0 cm, con un área total de 2500cm².
- En cada lado se pondrán planchas de lana de vidrio, madera y poliestireno expandido de 40x40x3,0 cm.

3.5.3. Aspectos iniciales a la parte experimental

– Metodología del protocolo de monitoreo de ruido de acuerdo al Ministerio del ambiente:

- Paso 1: Calibración

- Se realizó la calibración de campo una vez antes de tomar los datos y luego de los mismos.
- Se cuenta con la certificación del sonómetro integrador tipo 1 de marca HANGZHOU AIHUA, AWA6228 de fecha 24 enero del 2018.

- Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido

En cuanto a la identificación de fuentes de ruido se tienen:

- Móviles detenidas correspondiente al sonido de la motosierra y la sirena de ambulancia con ruido estable.

- Paso 3: Ubicación del punto de monitoreo e instalación del sonómetro

En cuanto a la ubicación del punto de monitoreo se realizó en primer lugar fuera de la caja del experimento para tener una medición correspondiente, así mismo dentro de la caja para el análisis de cada uno de los materiales de absorción de ruido.

- Paso 4: Identificación de parámetros de ruido ambiental

En cuanto a los parámetro de ruido considerados se tiene: LAeqT, Lmax, Lmin.

- Paso 5: Medición de ruido

La medición de ruido se realizó con el sonómetro integrador tipo 1 de marca HANGZHOU AIHUA, AWA6228 con 10 mediciones por cada material de

intervalos de 1 minuto, considerando 5 veces la toma de datos por cada material.

- Paso 6: Corrección de datos

En cuando a la corrección de datos no se realizó dado a que no se presentaron sonidos residuales ni condiciones climáticas adversas.

3.5.4. Parte Experimental

- En las cajas de insonorización se hicieron pruebas en base a paredes de lana de vidrio, madera y poliestireno expandido sometidos a diferentes tipos de sonidos (graves y agudos) a una presión acústica de 100 dB categorizado como alto de acuerdo a la norma de contaminación acústica nacional.
 - Las cajas de insonorización (madera OSB, lana de vidrio y poliestireno expandido) se sometieron a estímulos agudos y graves para cada estímulo se tomaron diez datos de un minuto cada uno los cuales se midieron con un sonómetro integrado de tipo 1 de marca HANGZHOU AIHUA y modelo AWA6228.
- a) Determinación de la capacidad de insonorización haciendo uso de diferentes barreras acústicas, es decir lana de vidrio, madera y poliestireno expandido sometiendo a diferentes sonidos graves y agudos con un nivel de presión acústica de 100 dB para observar los valores obtenidos con los mismos.**
- Se evaluará por un período de 10 minutos la capacidad de insonorización de sonidos graves y 10 minutos frente a sonidos agudos frente a las barreras acústicas de presión sonora 100 dB.
 - Así mismo una vez obtenido los datos de la evaluación se realizara un análisis de varianza con las mismas.

- En caso de encontrar diferencias significativas entre los materiales sometidos al experimento se someterán estos datos a la prueba de Duncan.

b) Determinación de los niveles de pérdida de transmisión en cada uno de los materiales: lana de vidrio, madera y poliestireno expandido, haciendo uso de una ecuación matemática denominada pérdida de transmisión

- Se evaluará cada uno de los resultados obtenidos en las diferentes barreras de lana de vidrio, madera y poliestireno expandido a través de una ecuación matemática denominada pérdida de transmisión para comprobar cuál es de las barreras acústicas es más efectiva.
- La fórmula a aplicar será:
El coeficiente de transmisión de una partición, $\tau(\theta, \omega)$, es conocido como el cociente de la potencia sonora transmitida, $W_t(\theta, \omega)$ y la potencia sonora incidente, $W_i(\theta, \omega)$ correspondiente a la ecuación 1.
- El conocido aislamiento acústico o pérdida de transmisión sonora del panel, $R(\theta, \omega)$ es una medida logarítmica del inverso del coeficiente de transmisión correspondiente a la ecuación 2.
- Una vez obtenido los datos de transmisión sonora transmitida e incidente en el material de lana de vidrio, madera y poliestireno expandido así mismo se consideraran combinaciones de material lana de vidrio – madera; lana de vidrio – poliestireno expandido, madera – poliestireno expandido para determinar cuál de los materiales es más efectivo.

c) Estimación de la cantidad de aislamiento de barreras acústicas para la implementación en locales.

- Primero se determinara la cantidad de aislamiento de los materiales acústicos para lo cual se empleó la diferencia entre los niveles sonoros que se obtienen en el exterior del local L1 y en el interior L2 a esto se le conoce como aislamiento acústica del local correspondiente a la ecuación 3.
- Una vez determinada la cantidad de aislamiento en las barreras acústica, se propondrá cuál de las barreras acústica es adecuada para la implementación en locales de acuerdo a sus zonas de aplicación del Ministerio del Ambiente.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Se empleó el paquete estadístico SPSS versión 18,0. El análisis de datos, implicó las siguientes herramientas estadísticas:

- **Tablas de frecuencias:** para contabilizar los valores obtenidos en los experimentos.
- **Figuras estadísticas:** para graficar los resultados obtenidos por medio del sonómetro.
- **Coefficiente de absorción acústica:** se determinará la relación entre la presión sonora transmitida y la presión sonora incidente de cada caja de insonorización.
- **Análisis de varianza (ANVA):** para la determinación la significancia de las cajas de insonorización con mayor capacidad de insonorización a diferentes presiones sonoras.
- **Prueba de Duncan:** En caso de aceptarse la hipótesis alterna se determinará el orden de la capacidad de insonorización a diferentes presiones sonoras.
- **Cantidad de aislamiento acústico:** La diferencia entre los niveles sonoros que se obtienen en el exterior del local.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de Resultados

4.1.1. Caja exterior

A. Sonido Grave – motosierra

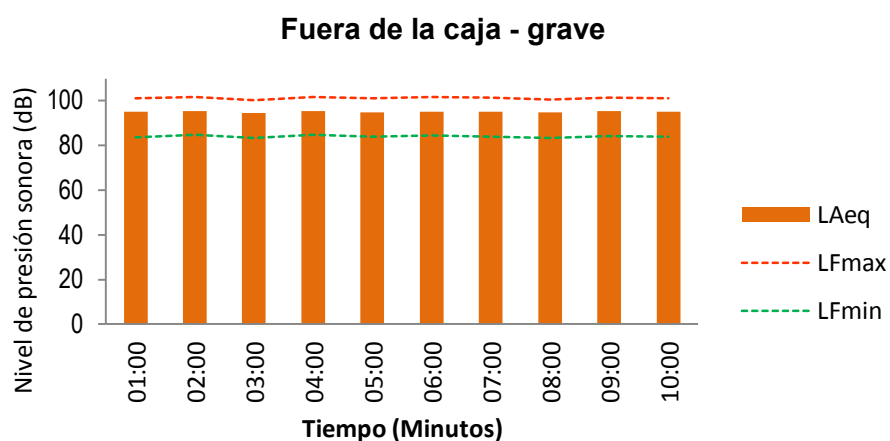


Figura 2: Comportamiento de los niveles de ruido fuera de la caja - Sonido grave de Motosierra

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 2 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos durante el periodo de la prueba.

Tabla 7:

Resultados de la medición de los niveles de ruido fuera de la caja – Grave motosierra

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-01	95,08	101,19	84,03

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°07 correspondiente al punto grave 01 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 95,08 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 101,19 y el mínimo de 84,03 dB.

B. Sonido Agudo – Sirena de ambulancia

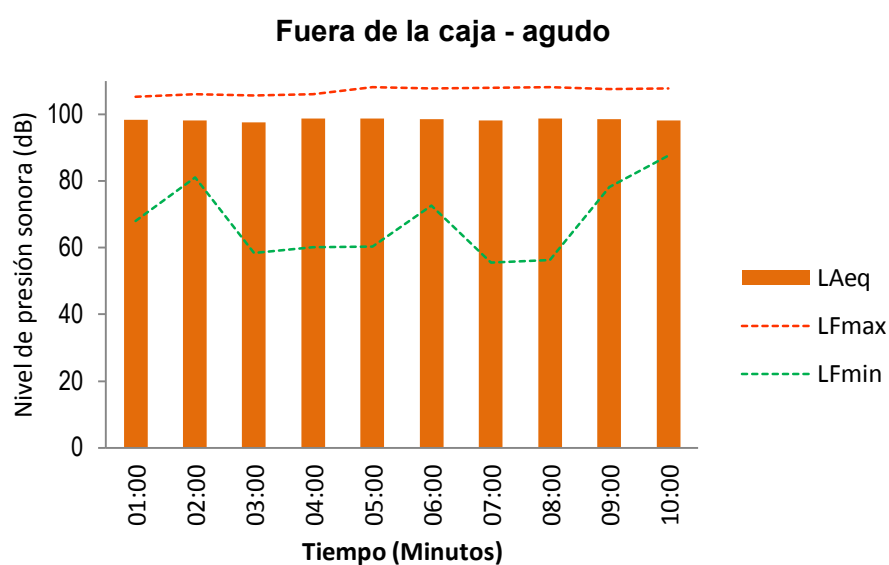


Figura 3: Comportamiento de los niveles de ruido fuera de la caja - Sonido agudo de sirena de ambulancia

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 3 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba.

Tabla 8:

Resultados de la medición de los niveles de ruido fuera de la caja – Agudo sirena de ambulancia.

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-01	98,30	106,99	67,77

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°08 correspondiente al punto agudo 01 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 98,30 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 106,99 y el mínimo de 67,77 dB.

4.1.2. Dentro de la caja sin material

A. Sonido grave - motosierra

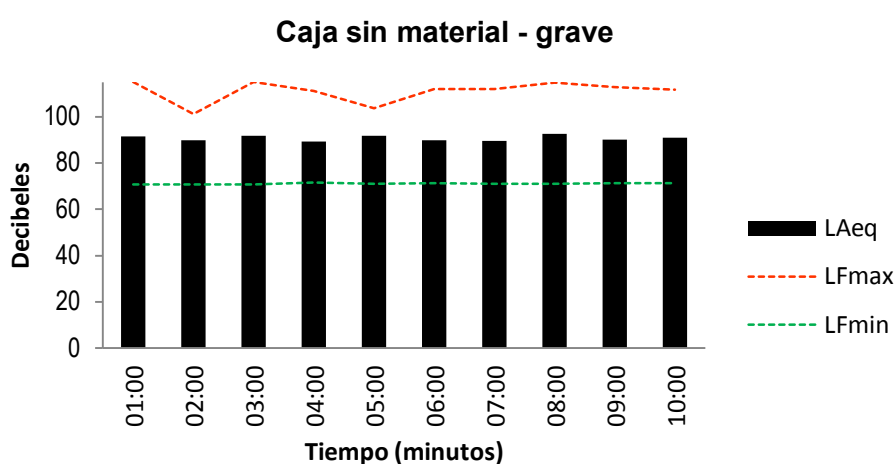


Figura 4: Comportamiento de los niveles de ruido dentro de la caja sin material – sonido grave de motosierra

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 4 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja sin material.

Tabla 9:

Resultados de la medición de los niveles de ruido en la caja al exterior con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-02	90,74	110,92	71,04

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°09 correspondiente al punto grave 02 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 90,74 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 110,92 y el mínimo de 71,04 dB.

B. Sonido Agudo – Sirena de ambulancia

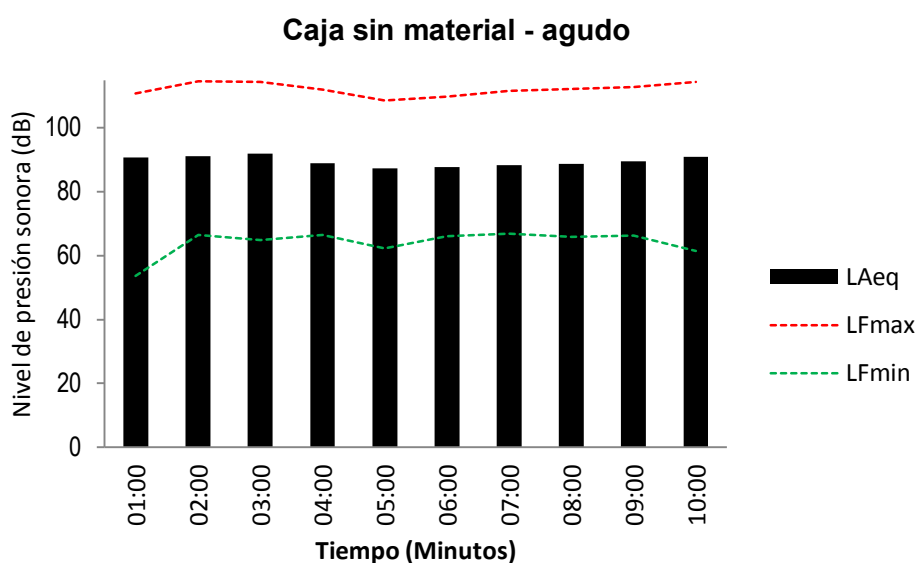


Figura 5: Comportamiento de los niveles de ruido dentro de la caja sin material – sonido agudo de sirena de ambulancia.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 5 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja sin material.

Tabla 10:

Resultados de la medición de los niveles de ruido en la caja al exterior con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-02	89,55	112,14	64,07

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°10 correspondiente al punto agudo 02 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 89,55 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 112,14 y el mínimo de 64,07 dB.

4.1.3. Madera OSB de 2.2 cm

A. Sonido grave – Motosierra

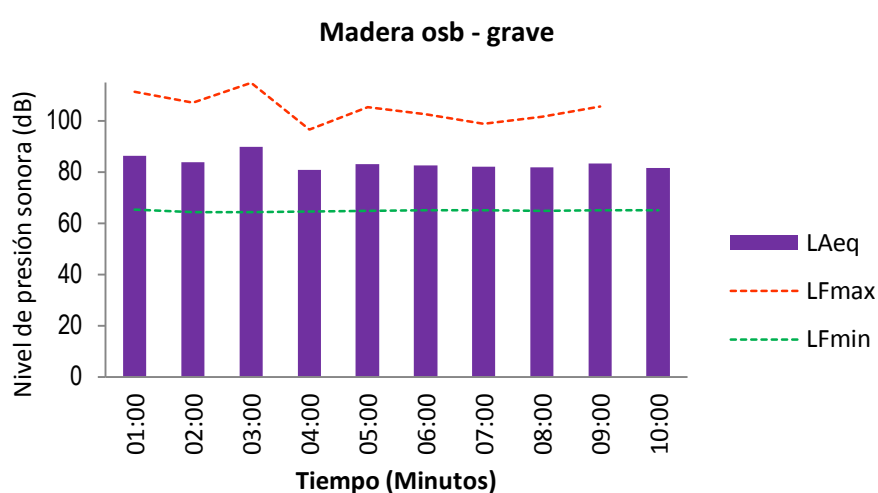


Figura 6: Comportamiento de los niveles de ruido con material de Madera OSB de sonido grave

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 6 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material OSB de 2,2 cm.

Tabla 11:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de Madera OSB de sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-03	83,54	104,32	64,88

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°11 correspondiente al punto grave 03 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 83,54 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 104,32 y el mínimo de 64,88 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

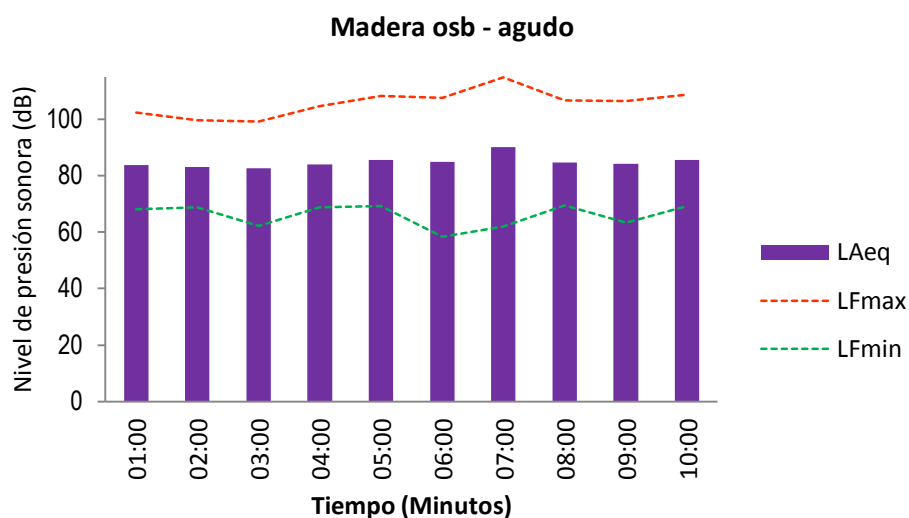


Figura 7: Comportamiento de los niveles de ruido con material de Madera OSB con sonido agudo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 7 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material OSB de 2,2 cm.

Tabla 12:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de Madera OSB con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-03	85,84	105,84	65,96

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°12 correspondiente al punto agudo 03 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 85,84 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 105,84 y el mínimo de 65,96 dB.

4.1.4. Poliestireno expandido de 2,7 cm

A. Sonido grave – Motosierra

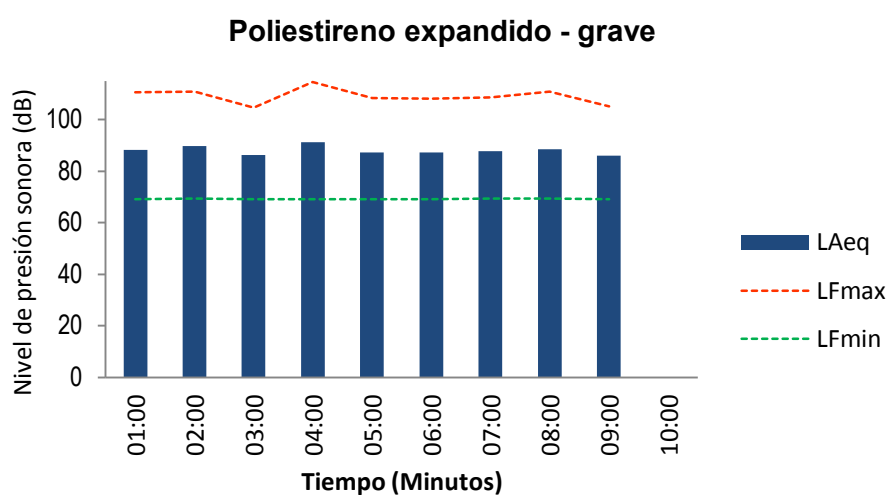


Figura 8: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con sonido grave.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Como se observa en la figura 8 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido de 2,7 cm.

Tabla 13:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de poliestireno expandido con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-04	87,98	109,20	69,18

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°13 correspondiente al punto grave 04 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 87,98 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 109,2 y el mínimo de 69,18 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

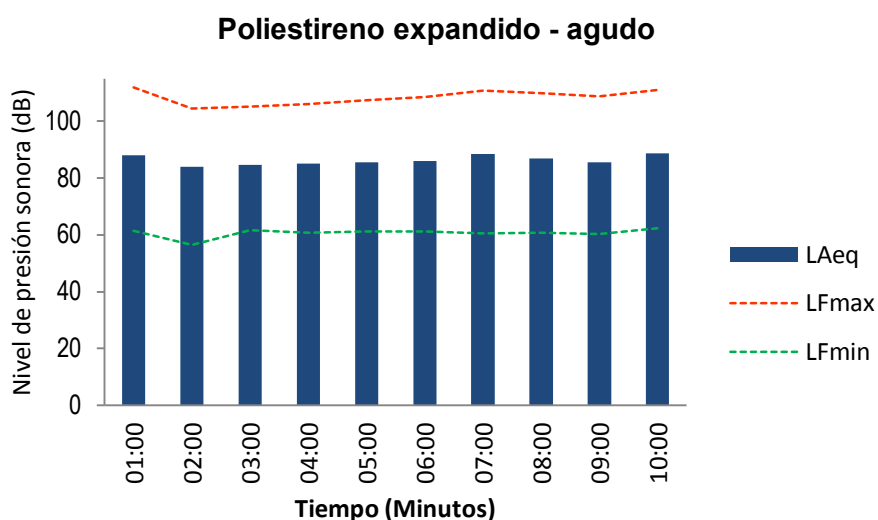


Figura 9: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con sonido agudo.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Como se observa en la figura 9 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido de 2,7 cm.

Tabla 14:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de poliestireno expandido con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-04	86,24	108,34	60,64

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°14 correspondiente al punto agudo 04 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 86,24 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 108,34 y el mínimo de 60,64 dB.

4.1.5. Lana de vidrio de 3 cm

A. Sonido grave – Motosierra

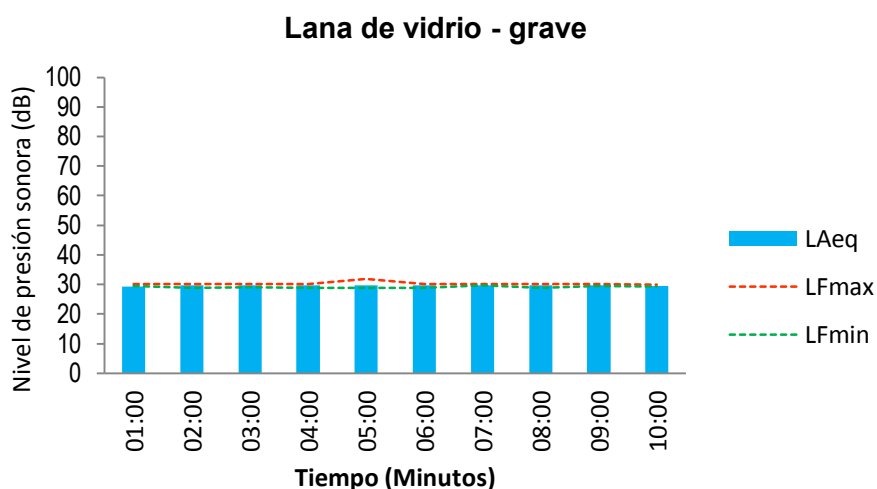


Figura 10: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con sonido grave.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 10 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles bajos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio de 3,0 cm.

Tabla 15:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de lana de vidrio con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-05	29,70	30,28	29,11

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°15 correspondiente al punto grave 05 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado bajo, teniendo un valor equivalente de 29,70 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 30,28 y el mínimo de 29,11 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

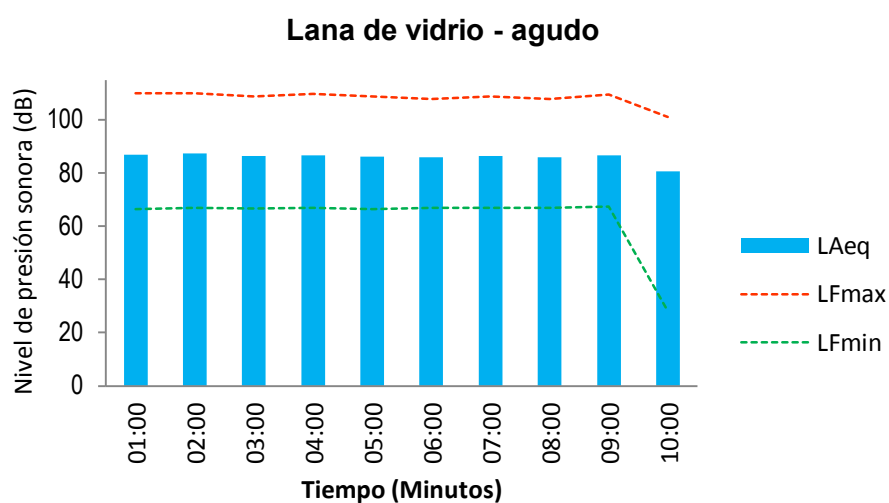


Figura 11: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con sonido agudo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 11 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio de 3,0 cm.

Tabla 16:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con material de lana de vidrio con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-05	85,89	108,18	62,99

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°16 correspondiente al punto agudo 05 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 85,89 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 108,18 y el mínimo de 62,99 dB.

4.1.6. Madera OSB de 0.9 cm

A. Sonido grave – Motosierra

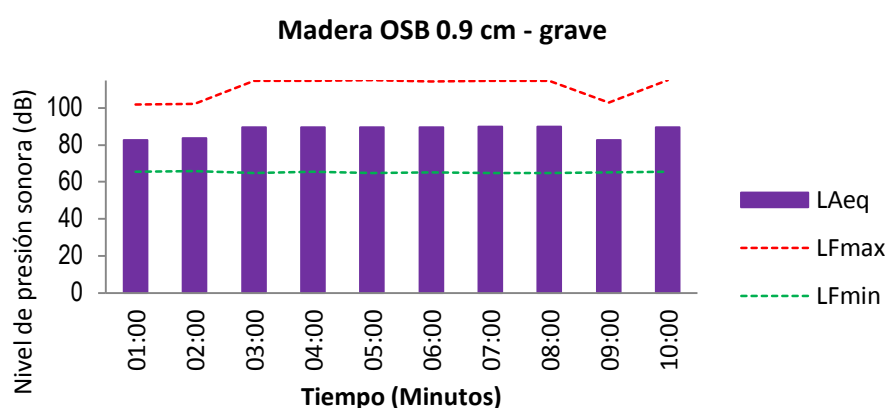


Figura 12: Comportamiento de los niveles de ruido de Madera OSB de 0,9 cm con sonido grave

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 12 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles bajos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material madera OSB de 0,9 cm.

Tabla 17:

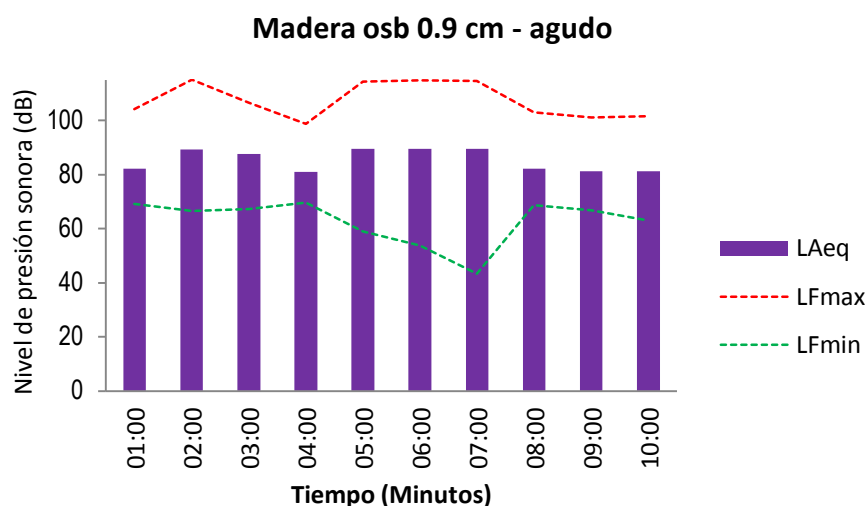
Resultados de la medición de los niveles de ruido con madera OSB de 0.9 cm con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-06	87,66	111,12	65,20

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°17 correspondiente al punto grave 06 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 87,66 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 111,12 y el mínimo de 65,20 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Comportamiento de los niveles de ruido de Madera OSB de 0,9 cm de sonido agudo

Como se observa en la figura 13 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles bajos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material madera OSB de 0,9 cm.

Tabla 18:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con madera OSB de 0,9 cm con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-06	85,36	107,37	62,71

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°18 correspondiente al punto agudo 06 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 85,36 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 107,37 y el mínimo de 62,71 dB.

4.1.7. Poliestireno expandido de 1,8 cm

A. Sonido grave – Motosierra

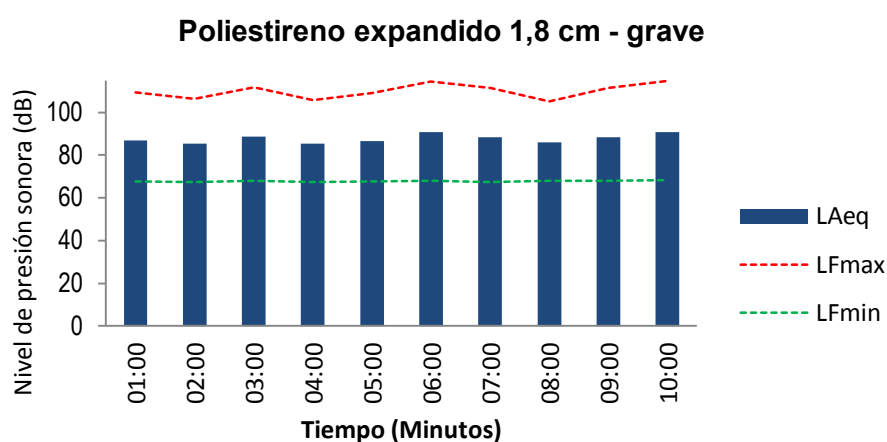


Figura 14: Comportamiento de los niveles de ruido de Poliestireno expandido de 1.8 cm de sonido grave

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 14 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles bajos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido de 1,8 cm.

Tabla 19:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con poliestireno expandido de 1.8 cm con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-07	87,71	109,87	67,83

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°19 correspondiente al punto grave 07 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 87,71 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 109,87 y el mínimo de 67,83 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

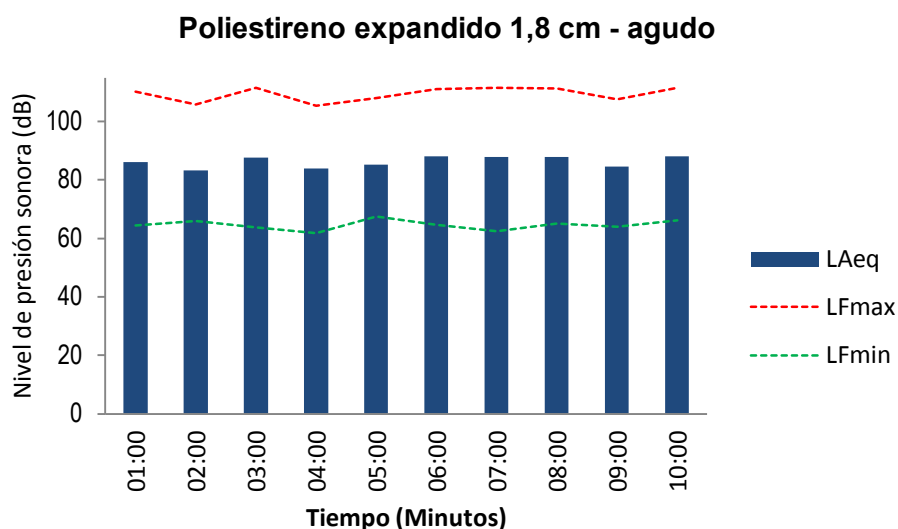


Figura 15: Comportamiento de los niveles de ruido de Poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido agudo

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 15 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles bajos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido de 1,8 cm.

Tabla 20:

Resultados de la medición de los niveles de ruido con poliestireno expandido de 1.8 cm de sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-07	86,24	109,38	64,61

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°20 correspondiente al punto agudo 07 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 86,24 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 109,38 y el mínimo de 64,61 dB

4.1.8. Lana de vidrio de 1,5 cm

A. Sonido grave – Motosierra

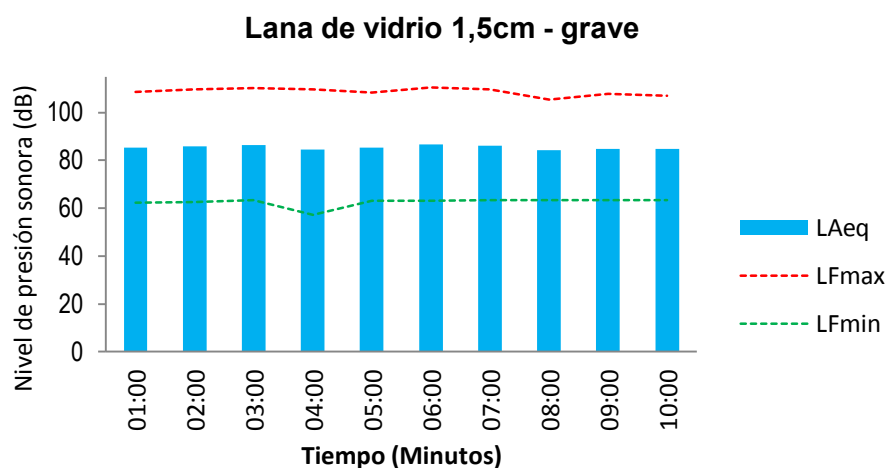


Figura 16: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido grave

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la figura 16 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio 1,5 cm.

Tabla 21:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-08	82,07	104,93	62,80

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°21 correspondiente al punto grave 08 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 82,07 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 104,93 y el mínimo de 62,80 dB

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

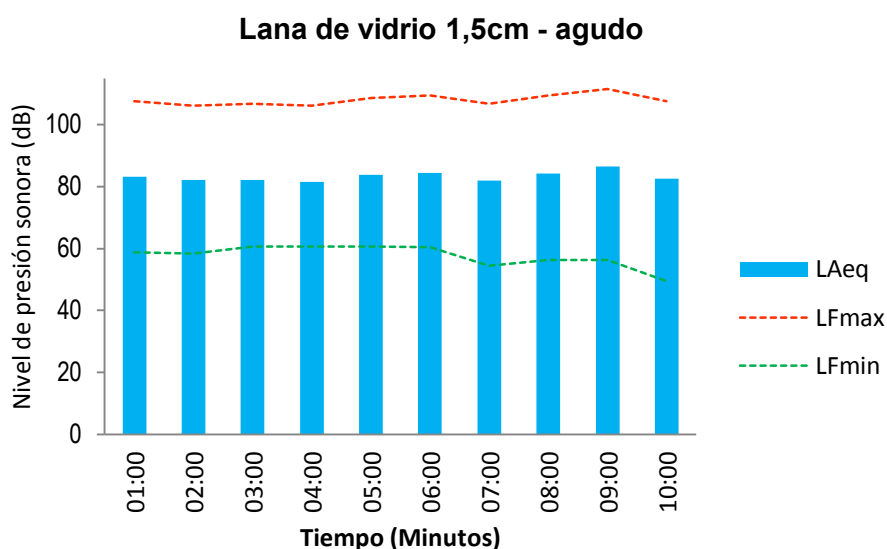


Figura 17: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm con sonido agudo

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la figura 17 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio 1,5 cm.

Tabla 22:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio de 1,5 cm con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-08	83,11	104,32	58,47

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°22 correspondiente al punto agudo 08 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 83,11 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 104,32 y el mínimo de 58,47 dB.

4.1.9. Madera OSB con poliestireno expandido

A. Sonido grave – Motosierra

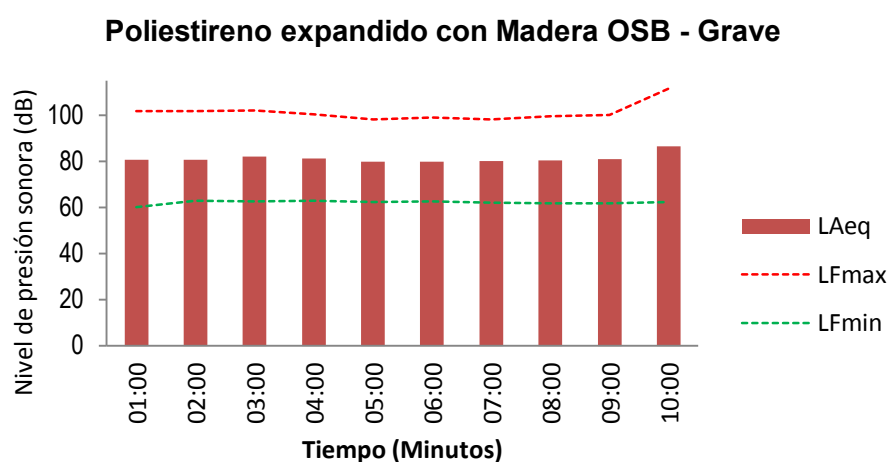


Figura 18: Comportamiento de los niveles de ruido de madera OSB con poliestireno expandido de sonido grave

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 18 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido con madera OSB.

Tabla 23:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de madera OSB con poliestireno expandido con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-09	81,16	101,14	62,13

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°23 correspondiente al punto grave 09 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 81,16 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 101,14 y el mínimo de 62,13 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

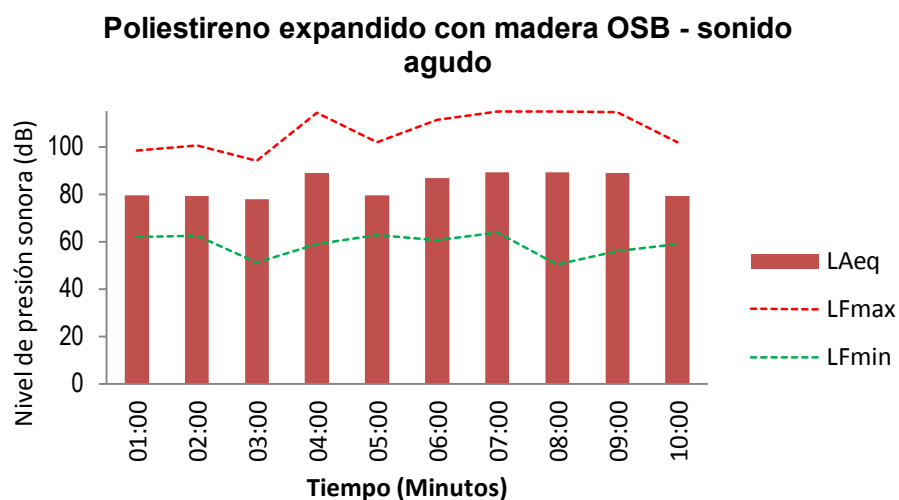


Figura 19: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 19 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido con madera OSB.

Tabla 24:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-09	83,90	106,78	58,75

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°24 correspondiente al punto agudo 09 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 83,90 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 106,78 y el mínimo de 58,75 dB.

4.1.10. Poliestireno expandido con lana de vidrio

A. Sonido grave – Motosierra

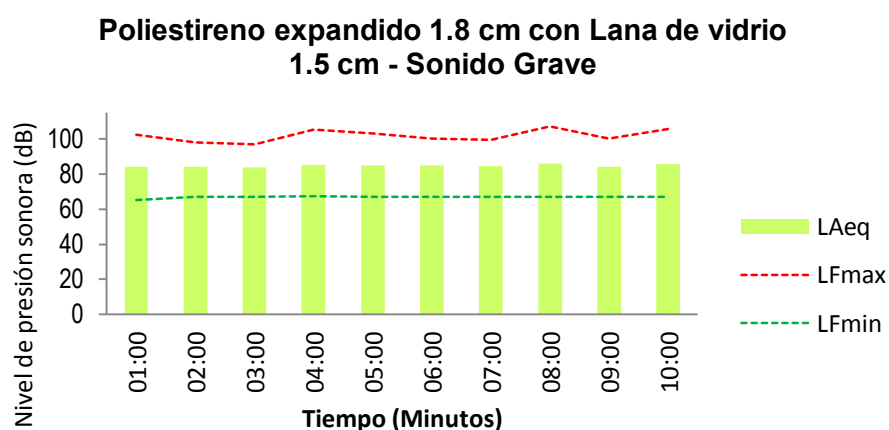


Figura 20: Comportamiento de los niveles de ruido de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 20 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliestireno expandido con lana de vidrio.

Tabla 25:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-10	84,87	101,97	66,89

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°25 correspondiente al punto grave 10 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 84,87 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 101,97 y el mínimo de 66,89 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

Poliestireno expandido 1.8 cm con lana de vidrio 1.5 cm - agudo

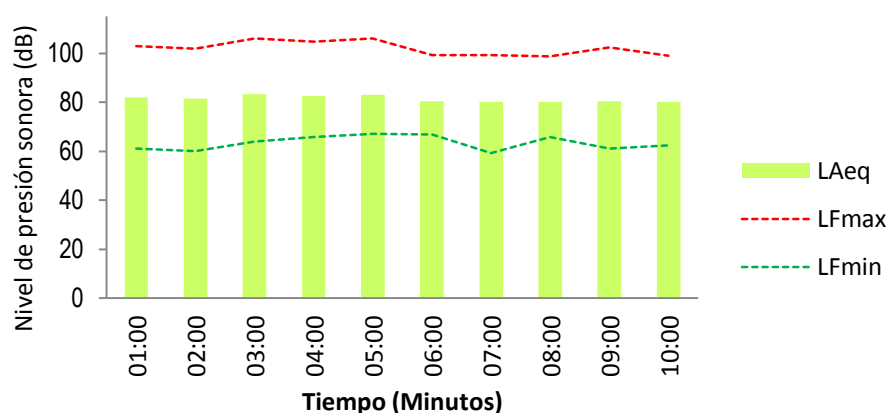


Figura 21: Comportamiento de los niveles de ruido de poliéstireno expandido con lana de vidrio de sonido agudo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 21 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material poliéstireno expandido con lana de vidrio.

Tabla 26:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de poliéstireno expandido con madera OSB de sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-10	81,38	102,07	63,35

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°26 correspondiente al punto agudo 10 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 81,38 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 102,07 y el mínimo de 63,35 dB.

4.1.11. Lana de vidrio con madera OSB

A. Sonido grave – Motosierra

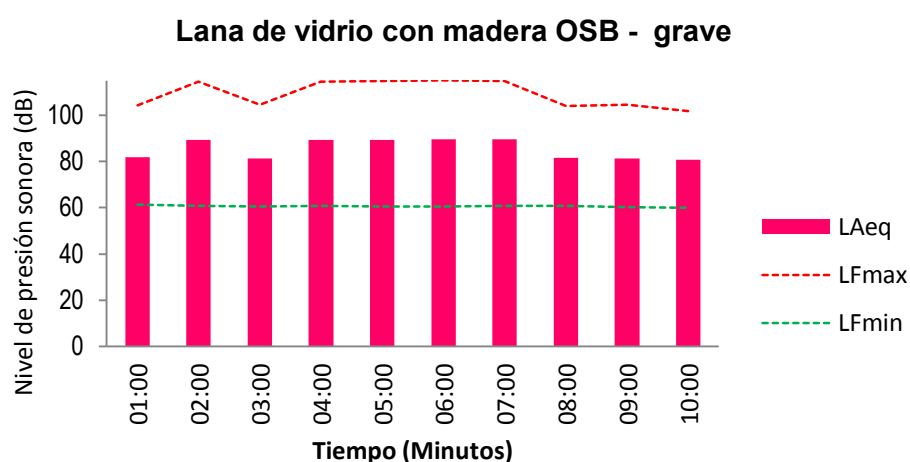


Figura 22: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave

Fuente: Elaboración propia, 2018,

Como se observa en la figura 22 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio con madera OSB.

Tabla 27:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-11	85,39	109,22	60,62

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°27 correspondiente al punto grave 11 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 85,39 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 109,22 y el mínimo de 60,62 dB.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

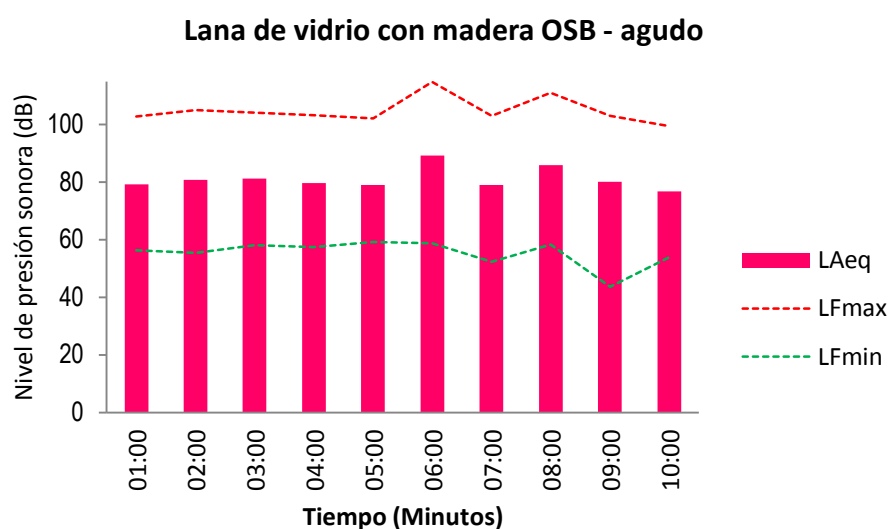


Figura 23: Comportamiento de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo

Fuente: Elaboración propia, 2018,

Como se observa en la figura 23 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba dentro de la caja con material lana de vidrio con madera OSB.

Tabla 28:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-11	81,14	104,93	55,42

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°28 correspondiente al punto agudo 11 se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto, teniendo un valor equivalente de 81,14 como promedio de 10 mediciones tomadas durante el experimento, mientras que el valor máximo es de 104,93 y el mínimo de 55,42 dB.

4.1.12. Consolidado de materiales analizados

A. Sonido grave – Motosierra

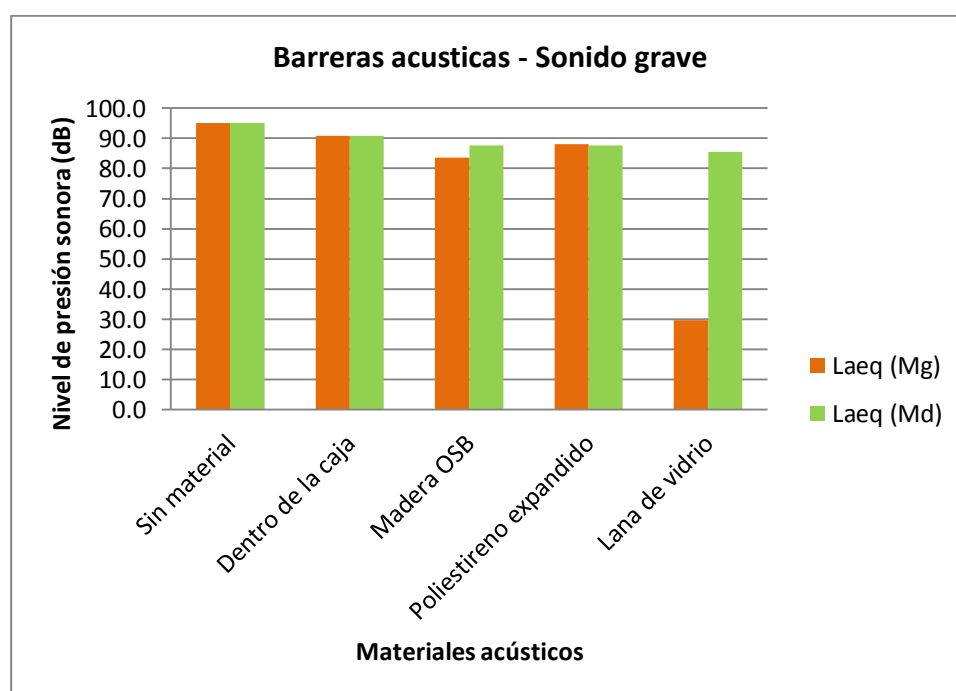


Figura 24: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales delgados de sonido grave

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 24 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba con excepción de la lana de vidrio que presenta valores bajos.

Tabla 29:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales acústicos con sonido grave

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	Lfmax	Lfmin
PG-01	95,08	101,19	84,03
PG-02	90,74	110,92	71,04
PG-03	83,54	104,32	64,88
PG-04	87,98	109,20	69,18
PG-05	29,70	30,28	29,11
PG-06	87,66	111,12	65,20
PG-07	87,71	109,87	67,83
PG-08	85,42	108,66	62,50

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°29 correspondiente a los puntos graves analizados se observa los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto excepto el correspondiente a la lana de vidrio que obtiene un valor equivalente de 29,70 con un espesor de 3 cm, mientras que el de 1,5 cm es de 85,42 dB seguido de la madera OSB con 83,54 dB de espesor 2,2 cm mientras que en caso del poliestireno no depende del grosor del material.

B. Sonido agudo – Sirena de ambulancia

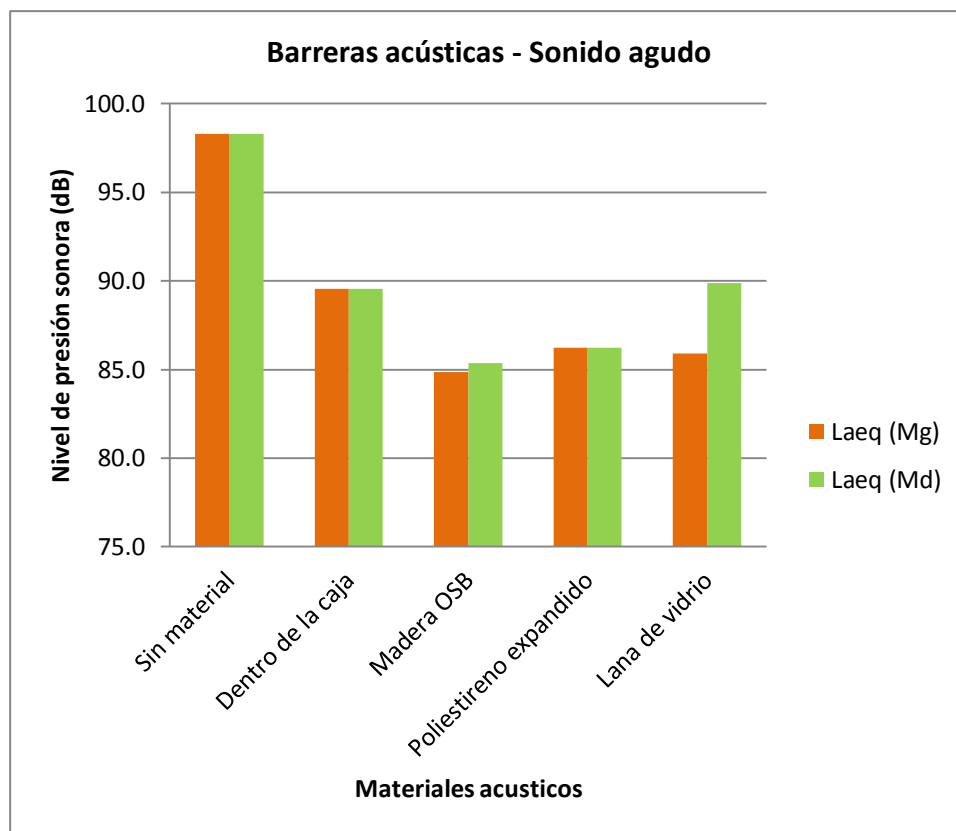


Figura 25: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales delgados de sonido agudo

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 25 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba.

Tabla 30:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales delgados con sonido agudo

Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PA-01	98,30	106,99	67,77
PA-02	89,55	112,14	64,07
PA-03	84,84	105,84	65,96
PA-04	86,24	108,34	60,64
PA-05	85,89	108,18	62,99
PA-06	85,36	107,37	62,71
PA-07	86,24	109,38	64,61
PA-08	83,23	107,96	57,61

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°30 muestra los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto para los sonidos agudos donde resalta la lana de vidrio con 83,23 dB para un espesor de 1,5 cm y 85,89 dB con un espesor de 2,2 cm seguido de la madera OSB con 84,84 dB con un espesor de 2,2 cm y de 85,36 dB con espesor de 0,9 cm; mientras que el poliestireno expandido muestra valores de 86,24 dB indistintamente del grosor del material.

4.1.13. Consolidado de materiales analizados mixtos

A. Sonido grave – Motosierra

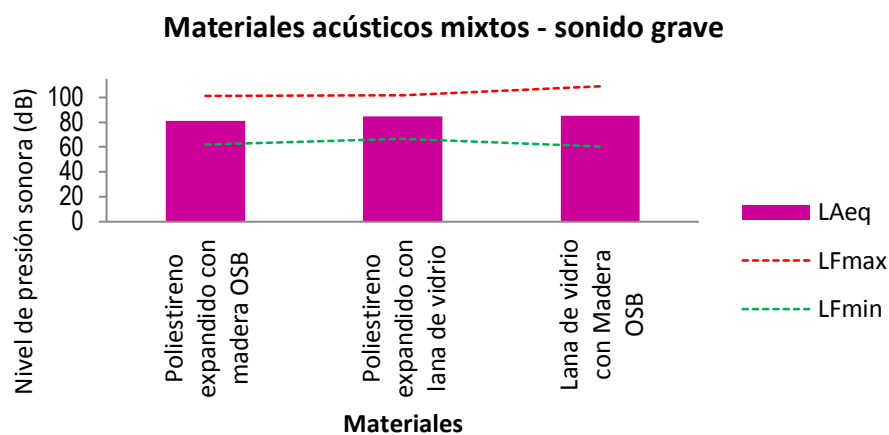


Figura 26: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido grave

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 26 todos los valores de sonido grave se encuentran en los niveles altos en los materiales mixtos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba.

Tabla 31:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido grave

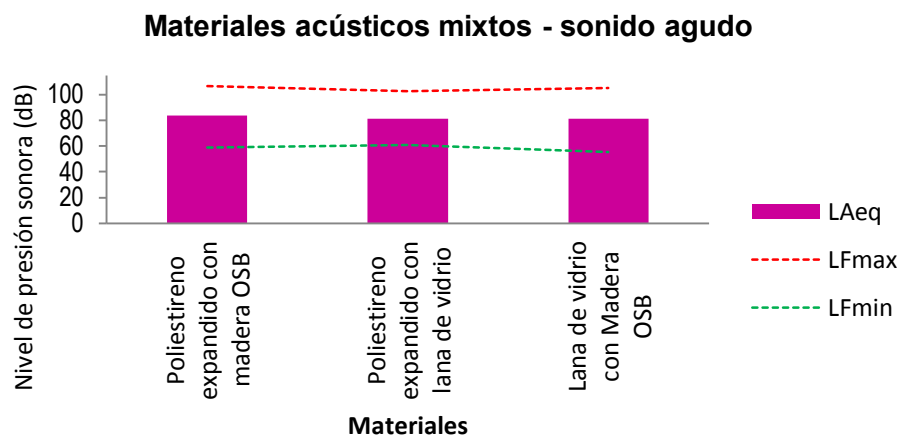
Resultados de medición (dB)			
Tiempo (minutos)	LAeq	LFmax	LFmin
PG-09	81,2	101,1	62,1
PG-10	84,9	102	66,9
PG-11	85,4	109,2	60,6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°31 muestra los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto para los sonidos graves donde resalta el poliestireno expandido con madera OSB con un valor de 81,2 dB

seguido del poliestireno expandido con madera OSB con 84,9 y por último la lana de vidrio con madera OSB con 85,4 dB.

B. Sonido agudo – sirena de ambulancia



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27: Comportamiento de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido agudo

Como se observa en la figura 27 todos los valores de sonido agudo se encuentran en los niveles altos en los materiales mixtos manteniéndose constantes durante el periodo de la prueba.

Tabla 32:

Resultados de la medición de los niveles de ruido de materiales analizados mixtos de sonido agudo

Tiempo (minutos)	Resultados de medición (dB)		
	LAeq	LFmax	LFmin
PA-09	83,9	106,8	58,8
PA-10	81,4	102,7	60,7
PA-11	81,1	104,9	55,4

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°32 muestra los niveles de ruido se encuentran dentro del rango considerado alto para los sonidos graves donde resalta el lana de vidrio con madera OSB con un valor de 81,1 dB seguido del poliestireno expandido con lana de vidrio con 81,4 dB y por último el poliestireno expandido con madera OSB con 83,9 dB.

4.2. Determinación de la capacidad de insonorización

4.2.1. Análisis de varianza

A. Sonidos Graves – Motosierra

Tabla 33:

Análisis de varianza de pérdida de transmisión de sonidos graves

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MADERA OSB 2.2 GRAVE	Entre grupos	49,859	9	5,540	739,356	,000
	Dentro de grupos	,225	30	,007		
	Total	50,084	39			
POLIESTIRENO 2.7 GRAVE	Entre grupos	47,378	9	5,264	2242,207	,000
	Dentro de grupos	,070	30	,002		
	Total	47,448	39			
LANA DE VIDRIO 3.0 GRAVE	Entre grupos	44,983	9	4,998	1497,376	,000
	Dentro de grupos	,100	30	,003		
	Total	45,083	39			
MADERA OSB 0.9 GRAVE	Entre grupos	44,832	9	4,981	346,371	,000
	Dentro de grupos	,431	30	,014		
	Total	45,264	39			
POLIESTIRENO 1.8 GRAVE	Entre grupos	45,303	9	5,034	809,285	,000

	Dentro de grupos	,187	30	,006		
	Total	45,489	39			
LANA DE VIDRIO 1.5 GRAVE	Entre grupos	42,894	9	4,766	1132,063	,000
	Dentro de grupos	,126	30	,004		
	Total	43,021	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON MADERA OSB GRAVE	Entre grupos	47,267	9	5,252	470,030	,000
	Dentro de grupos	,335	30	,011		
	Total	47,602	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON LANA DE VIDRIO GRAVE	Entre grupos	45,036	9	5,004	3638,258	,000
	Dentro de grupos	,041	30	,001		
	Total	45,077	39			
LANA DE VIDRIO CON MADERA OSB GRAVE	Entre grupos	41,477	9	4,609	123,793	,000
	Dentro de grupos	1,117	30	,037		
	Total	42,593	39			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°33 muestra los resultados sobre pérdidas de transmisión son menores de 0,05, dado a que son 0,000 indicando que los resultados son estadísticamente significantes.

B. Sonidos agudos – sirena de ambulancia

Tabla 34:***Análisis de varianza de pérdida de transmisión de sonidos agudos***

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MADERA OSB 2.2 AGUDO	Entre grupos	108,299	8	13,537	1553,827	,000
	Dentro de grupos	,270	31	,009		
	Total	108,569	39			
POLIESTIRENO 2.7 AGUDO	Entre grupos	103,942	8	12,993	1669,095	,000
	Dentro de grupos	,241	31	,008		
	Total	104,183	39			
LANA DE VIDRIO 3.0 AGUDO	Entre grupos	108,593	8	13,574	2419,075	,000
	Dentro de grupos	,174	31	,006		
	Total	108,767	39			
MADERA OSB 0.9 AGUDO	Entre grupos	114,524	8	14,316	636,363	,000
	Dentro de grupos	,697	31	,022		
	Total	115,222	39			
POLIESTIRENO 1.8 AGUDO	Entre grupos	111,414	8	13,927	3357,296	,000
	Dentro de grupos	,129	31	,004		
	Total	111,543	39			
LANA DE VIDRIO 1.5 AGUDO	Entre grupos	101,801	8	12,725	2186,232	,000
	Dentro de grupos	,180	31	,006		

	Total	101,981	39			
POLIESTIRENO	Entre grupos	15,643	8	1,955	1,805	,114
EXPANDIDO CON MADERA	Dentro de grupos	33,590	31	1,084		
OSB AGUDO	Total	49,233	39			
POLIESTIRENO	Entre grupos	107,354	8	13,419	2824,315	,000
EXPANDIDO CON LANA DE	Dentro de grupos	,147	31	,005		
VIDRIO AGUDO	Total	107,501	39			
LANA DE VIDRIO CON	Entre grupos	104,153	8	13,019	966,178	,000
MADERA OSB AGUDO	Dentro de grupos	,418	31	,013		
	Total	104,570	39			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°34 muestra los resultados donde las pérdidas de transmisión son menores de 0,05 indicando que los resultados son estadísticamente significantes a excepción de los valores obtenidos en el poliestireno expandido con madera OSB para sonidos agudos con un valor de 0,114.

4.2.2. Análisis de la prueba de Duncan

A. Sonidos Graves – Motosierra

Tabla 35:
Prueba de Duncan para sonidos graves

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
lana de vidrio 3 cm – grave	40	86,0205	X
poliesti expan - madera osb (g)	40	90,4528	X
madera osb 2,2cm – grave	40	90,5093	X
lana vidrio - poliesti expan (g)	40	90,5712	X
lana de vidrio 1,5cm – grave	40	90,5862	X
lana vidrio - madera osb (g)	40	90,5918	X
madera osb 0,9cm – grave	40	90,705	X
poliestireno expan 1,8cm – grave	40	90,7262	X
poliestireno expan 2,7cm – grave	40	90,7392	X

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°35 se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Tabla 36:
Contraste de muestras de sonidos graves

Contraste	sig.
madera osb 2,2cm - grave - poliestireno expan 2,7cm – grave	
madera osb 2,2cm - grave - lana de vidrio 3 cm – grave	*
madera osb 2,2cm - grave - madera osb 0,9cm – grave	
madera osb 2,2cm - grave - poliestireno expan 1,8cm – grave	
madera osb 2,2cm - grave - lana de vidrio 1,5cm – grave	
madera osb 2,2cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	
madera osb 2,2cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	
madera osb 2,2cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	
poliestireno expan 2,7cm - grave - lana de vidrio 3 cm – grave	*
poliestireno expan 2,7cm - grave - madera osb 0,9cm – grave	
poliestireno expan 2,7cm - grave - poliestireno expan 1,8cm – grave	

poliestireno expan 2,7cm - grave - lana de vidrio 1,5cm – grave	
poliestireno expan 2,7cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	
poliestireno expan 2,7cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	
poliestireno expan 2,7cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	
lana de vidrio 3 cm - grave - madera osb 0,9cm – grave	*
lana de vidrio 3 cm - grave - poliestireno expan 1,8cm – grave	*
lana de vidrio 3 cm - grave - lana de vidrio 1,5cm - grave	*
lana de vidrio 3 cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	*
lana de vidrio 3 cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	*
lana de vidrio 3 cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	*
madera osb 0,9 cm - grave - poliestireno expan 1,8cm - grave	
madera osb 0,9cm - grave - lana de vidrio 1,5cm - grave	
madera osb 0,9cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	
madera osb 0,9cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	
madera osb 0,9cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	
poliestireno expan 1,8cm - grave - lana de vidrio 1,5cm - grave	
poliestireno expan 1,8cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	
poliestireno expan 1,8cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	
poliestireno expan 1.8cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	
lana de vidrio 1,5cm - grave - lana vidrio - poliesti expan (g)	
lana de vidrio 1,5cm - grave - lana vidrio - madera osb (g)	
lana de vidrio 1,5cm - grave - poliesti expan - madera osb (g)	
lana vidrio - poliesti expan (g) - lana vidrio - madera osb (g)	
lana vidrio - poliesti expan (g) - poliesti expan - madera osb (g)	
lana vidrio - madera osb (g) - poliesti expan - madera osb (g)	

* indica una diferencia significativa.

En la tabla N°36 se muestra que 8 pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel de 95% de confianza, dentro de los cuales se consideran a la madera OSB de 2,2 cm con poliestireno expandido 2,7 cm en sonido grave, poliestireno expandido 2,7cm con lana de vidrio de 3 cm, así como todos los grupos correspondientes a la lana de vidrio con poliestireno expandido de 1,8 cm, lana de vidrio 1,5 cm, así mismo la lana de vidrio de 3,0 cm con combinaciones de lana poliestireno, lana madera y poliestireno madera OSB.

B. Sonidos Agudos – Sirena de ambulancia.

Tabla 37:**Prueba de Duncan para sonidos agudos**

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Lana vidrio - madera osb (a)	40	89,0152	X
Lana vidrio - poliesti expan (a)	40	89,089	X
Lana de vidrio 1,5cm – agudo	40	89,1872	X
Madera osb 0,9cm – agudo	40	89,2557	X
Madera osb 2,2cm – agudo	40	89,2688	X
Poliestireno expan 1,8cm – agudo	40	89,3263	X
Poliestireno expan 2,7cm – agudo	40	89,3293	X
Lana de vidrio 3 cm – agudo	40	89,3315	X
Poliesti expan - madera osb (a)	40	90,4425	X

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°37 se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Tabla 38:**Contraste de muestras de sonidos agudos**

Contraste	sig.
madera osb 2,2cm - agudo - poliestireno expan 2,7 cm – agudo	
madera osb 2,2cm - agudo - lana de vidrio 3 cm – agudo	
madera osb 2,2cm - agudo - madera osb 0,9 cm – agudo	
madera osb 2,2cm - agudo - poliestireno expan 1,8 cm – agudo	
madera osb 2,2cm - agudo - lana de vidrio 1,5 cm – agudo	
madera osb 2,2cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
madera osb 2,2cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
madera osb 2,2cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
poliestireno expan 2,7cm - agudo - lana de vidrio 3 cm – agudo	
poliestireno expan 2,7cm - agudo - madera osb 0,9 cm – agudo	
poliestireno expan 2,7cm - agudo - poliestireno expan 1,8 cm – agudo	

poliestireno expan 2,7cm - agudo - lana de vidrio 1,5 cm – agudo	
poliestireno expan 2,7cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
poliestireno expan 2,7cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
poliestireno expan 2,7cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
lana de vidrio 3 cm - agudo - madera osb 0.9cm – agudo	
lana de vidrio 3 cm - agudo - poliestireno expan 1.8cm – agudo	
lana de vidrio 3 cm - agudo - lana de vidrio 1.5cm – agudo	
lana de vidrio 3 cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
lana de vidrio 3 cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
lana de vidrio 3 cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
madera osb 0,9 cm - agudo - poliestireno expan 1,8cm - agudo	
madera osb 0,9cm - agudo - lana de vidrio 1,5cm - agudo	
madera osb 0,9cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
madera osb 0,9cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
madera osb 0,9cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
poliestireno expan 1,8cm - agudo - lana de vidrio 1,5cm - agudo	
poliestireno expan 1,8cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
poliestireno expan 1,8cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
poliestireno expan 1,8cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
lana de vidrio 1,5cm - agudo - lana vidrio - poliesti expan (a)	
lana de vidrio 1,5cm - agudo - lana vidrio - madera osb (a)	
lana de vidrio 1,5cm - agudo - poliesti expan - madera osb (a)	*
lana vidrio - poliesti expan (a) - lana vidrio - madera osb (a)	
lana vidrio - poliesti expan (a) - poliesti expan - madera osb (a)	*
lana vidrio - madera osb (a) - poliesti expan - madera osb (a)	*

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°38 se tiene que la 8 pares de muestras tienen diferencias estadísticamente significativas con un nivel de 95% de confianza correspondiente a madera OSB de 2,2 cm con combinación de lana de vidrio y madera OSB, poliestireno expandido de 2,7 cm con combinación de poliestireno expandido con madera OSB, lana de vidrio con combinación de poliestireno con madera OSB, madera OSB 0,9 cm con combinación de poliestireno expandido con madera OSB, lana de vidrio de 1,5 cm con poliestireno expandido con madera OSB, combinación de lana de vidrio con poliestireno expandido con combinación de poliestireno expandido con madera OSB, y por último la lana de vidrio con madera OSB con poliestireno expandido y madera OSB.

4.3. Determinación de los niveles de pérdida de transmisión

Se aplicó el coeficiente de transmisión $\tau(\theta, \omega)$, correspondiente a la ecuación 1 seguidamente se aplicó la pérdida de transmisión $R(\theta, \omega)$, correspondiente a la ecuación 2.

Para lo cual se empleó la herramienta Matlab para el procesamiento de los datos.

The image shows a MATLAB-style calculation window with a light gray background. At the top, the title is "COEFICIENTE DE ABSORCION SONORA". Below this, there are three input fields: "W t" with the value "86.24", "W i" with the value "91.5", and "t" with the value "0.942514". To the right of the "W i" field is a blue button labeled "Calcular". Below these fields, the title changes to "AISLAMIENTO ACUSTICO Y PERDIDA DE TRANSMISION SONORA". There is one output field labeled "R" with the value "0.257123". At the bottom center, there is a gray button labeled "Cerrar".

Variable	Value
W t	86.24
W i	91.5
t	0.942514
R	0.257123

Figura 28: Calculo del coeficiente de potencia sonora y aislamiento acústico

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Madera OSB de 2,2 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 39:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 2,2 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,94	0,25
2	0,93	0,30
3	0,98	0,10
4	0,88	0,56
5	0,91	0,43
6	0,92	0,37
7	0,91	0,39
8	0,89	0,53
9	0,92	0,34
10	0,90	0,47

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°39 se tiene que la madera OSB de 2,2 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,10 a 0,56 dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de Ambulancia.

Tabla 40:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 2,2 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,92	0,35
2	0,91	0,41
3	0,98	0,09
4	0,94	0,25
5	0,98	0,09
6	0,97	0,15
7	0,94	0,29
8	0,96	0,16
9	0,92	0,34
10	0,97	0,12

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°40 se tiene que la madera OSB de 2,2 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,09 a 0,29 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo

4.3.2. Poliestireno expandido 2,7 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 41:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de Poliestireno expandido de 2,7 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,96	0,17
2	0,98	0,08
3	0,97	0,11
4	0,94	0,27
5	0,99	0,03
6	0,97	0,13
7	0,97	0,13
8	0,95	0,23
9	0,98	0,08
10	0,95	0,25

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°41 se tiene que el poliestireno expandido de 2,7 cm presenta perdidas de transmisión de 0,03 a 0,27 dB en cuanto a su reducción de ruido grave

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 42:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora poliestireno expandido de 2,7 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,97	0,14
2	0,92	0,36
3	0,92	0,37
4	0,96	0,17
5	0,98	0,10
6	0,98	0,09
7	1,00	0,02
8	0,99	0,04
9	0,97	0,11
10	0,97	0,13

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°42 se tiene que el poliestireno expandido de 2,7 cm presenta perdidas de transmisión de 0,02 a 0,37 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.3. Lana de vidrio 3,0 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 43:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio 3,0 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,32	4,95
2	0,33	4,79
3	0,32	4,89
4	0,32	4,89
5	0,32	4,89
6	0,33	4,80
7	0,33	4,79
8	0,32	4,93
9	0,33	4,81
10	0,32	4,91

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°43 se tiene que la lana de vidrio de 3,0 cm presenta perdidas de transmisión de 4,79 a 4,95 dB dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 44:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio 3,0 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,96	0,19
2	0,96	0,19
3	0,94	0,28
4	0,97	0,11
5	0,99	0,06
6	0,98	0,09
7	0,98	0,09
8	0,98	0,10
9	0,95	0,22
10	0,92	0,37

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°44 se tiene que el poliestireno expandido de 2,7 cm presenta perdidas de transmisión de 0,02 a 0,37 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.4. Madera OSB de 0,9 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 45:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 0,9 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,90	0,43
2	0,93	0,31
3	0,97	0,11
4	0,97	0,11
5	0,97	0,11
6	1,00	0,01
7	1,00	0,00
8	0,97	0,13
9	0,92	0,38
10	0,98	0,07

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°45 se tiene que madera OSB de 0,9 cm presenta perdidas de transmisión de 0,00 a 0,38 dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 46:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de madera OSB de 0,9 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,99	0,05
2	0,98	0,09
3	0,88	0,54
4	0,91	0,41
5	0,93	0,31
6	1,00	0,01
7	0,92	0,36
8	0,94	0,28
9	0,98	0,08
10	0,94	0,28

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°46 se tiene que la madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,05 a 0,54 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.5. Poliestireno expandido de 1,8 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 47:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,95	0,22
2	0,95	0,22
3	0,96	0,16
4	0,93	0,32
5	0,99	0,05
6	0,96	0,16
7	0,99	0,06
8	0,93	0,32
9	0,98	0,08
10	1,00	0,01

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°47 se tiene que la madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,05 a 0,32 dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 48:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido de 1,8 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,95	0,23
2	0,96	0,17
3	0,95	0,21
4	0,99	0,04
5	0,98	0,11
6	0,96	0,17
7	1,00	0,02
8	0,95	0,23
9	0,97	0,15
10	0,96	0,20

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°48 se tiene que la madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,02 a 0,23 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.6. Lana de vidrio 1,5 cm

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 49:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,93	0,30
2	0,96	0,20
3	0,94	0,26
4	0,92	0,36
5	0,93	0,32
6	0,96	0,16
7	0,96	0,17
8	0,91	0,40
9	0,94	0,26
10	0,93	0,31

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°49 se tiene que la lana de vidrio de 1,5 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,16 a 0,40 dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 50:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio de 1,5 cm de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,92	0,38
2	0,90	0,46
3	0,89	0,49
4	0,92	0,37
5	0,96	0,18
6	0,96	0,17
7	0,93	0,32
8	0,96	0,18
9	0,95	0,23
10	0,94	0,27

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°50 se tiene que la lana de vidrio de 1,5 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,17 a 0,49 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.7. Poliestireno expandido con madera OSB

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 51:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con madera OSB de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,88	0,56
2	0,90	0,46
3	0,89	0,50
4	0,88	0,54
5	0,87	0,61
6	0,89	0,51
7	0,89	0,49
8	0,87	0,61
9	0,90	0,47
10	0,95	0,22

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°50 se tiene que el poliestireno expandido con madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,22 a 0,61 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 52:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con madera OSB de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	$TL(dB)$
1	0,08	0,57
2	0,09	0,6
3	0,13	0,73
4	0,48	0,48
5	0,41	0,41
6	0,04	0,04
7	0,55	0,55
8	0,44	0,44
9	0,10	0,1
10	0,45	0,45

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°52 se tiene que el poliestireno expandido con madera OSB de 0,9 cm presenta perdidas de transmisión de 0,04 a 0,73 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.8. Poliestireno expandido con Lana de vidrio

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 53:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	TL (dB)
1	0,92	0,35
2	0,94	0,28
3	0,91	0,39
4	0,93	0,31
5	0,93	0,33
6	0,94	0,25
7	0,94	0,25
8	0,93	0,32
9	0,94	0,28
10	0,94	0,27

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°53 se tiene que el poliestireno expandido con lana de vidrio presenta perdidas de transmisión de 0,25 a 0,39 dB en cuanto a su reducción de ruido grave.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 54:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de poliestireno expandido con lana de vidrio de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	TL (dB)
1	0,90	0,44
2	0,89	0,49
3	0,91	0,43
4	0,93	0,32
5	0,95	0,22
6	0,92	0,38
7	0,91	0,41
8	0,91	0,39
9	0,88	0,55
10	0,91	0,40

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°54 se tiene que el poliestireno expandido con lana de vidrio presenta pérdidas de transmisión de 0,22 a 0,55 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.9. Lana de vidrio con Madera OSB

A. Sonidos graves – Motosierra

Tabla 55:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio con madera OSB de sonido grave

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	TL (dB)
1	0,89	0,49
2	1,00	0,02
3	0,88	0,53
4	0,97	0,12
5	0,97	0,12
6	1,00	0,01
7	1,00	0,01
8	0,88	0,54
9	0,90	0,45
10	0,89	0,52

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°55 se tiene que la lana de vidrio con madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,01 a 0,54 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

B. Sonidos agudos – Sirena de ambulancia

Tabla 56:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de lana de vidrio con madera OSB de sonido agudo

Coeficientes de transmisión sonora		
	τ	TL (dB)
1	0,88	0,58
2	0,98	0,09
3	0,88	0,54
4	0,90	0,47
5	0,90	0,43
6	0,92	0,36
7	0,90	0,48
8	0,98	0,09
9	0,88	0,56
10	0,87	0,58

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°56 se tiene que lana de vidrio con madera OSB de 0,9 cm presenta pérdidas de transmisión de 0,09 a 0,58 dB en cuanto a su reducción de ruido agudo.

4.3.10. Consolidados

A. Sonido grave de motosierra

Tabla 57:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de diferentes materiales con sonido grave

Resultados del coeficiente de transmisión sonora		
Material	Datos	
	τ	$TL(dB)$
Madera OSB 2,2 cm	0,92	0,36
Poliestireno expandido 2,7 cm	0,97	0,13
Lana de vidrio 3,0 cm	0,33	4,85
Madera OSB 0,9 cm	0,97	0,15
Poliestireno expandido 1,8 cm	0,97	0,15
Lana de vidrio 1,5 cm	0,94	0,27
Poliestireno expandido con madera OSB	0,90	0,5
Poliestireno expandido con lana de vidrio	0,94	0,29
Lana de vidrio con madera OSB	0,94	0,26

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°57 se observa los coeficientes de transmisión sonora en las diferentes barreras acústicas, teniendo así para la madera OSB 0,36 con un espesor de 2,2 cm, poliestireno expandido 0,13 para un espesor de 2,7 cm y 0,15 para 1,8 cm mientras que para la lana de vidrio 4,85 con un espesor de 3 cm y 0,26 con un espesor de 1,5 cm, así mismo se observa que el coeficiente de transmisión sonora es de 0,94 para el poliestireno expandido con lana de vidrio y lana de vidrio con madera OSB mientras que para el poliestireno expandido con madera OSB llega a 0,90.

Los valores encontrados con los de la teoría son inferiores a la misma para sonidos graves.

B. Sonido agudo de sirena de ambulancia

Tabla 58:

Resultados del coeficiente de transmisión sonora de diferentes materiales con sonido agudo

Resultados de coeficiente de transmisión sonora		
Material	Datos	
	τ	TL
Madera OSB	0,95	0,23
Poliestireno expandido	0,96	0,16
Lana de vidrio	0,36	0,18
Madera OSB 0,9 cm	0,95	0,21
Poliestireno expandido 1,8 cm	0,96	0,16
Lana de vidrio 1,5 cm	0,93	0,32
Poliestireno expandido con madera OSB	0,94	0,28
Poliestireno expandido con lana de vidrio	0,91	0,41
Lana de vidrio con madera OSB	0,91	0,43

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°58.se puede observar que el obstáculo más eficaz al atravesar la onda acústica es la lana de vidrio dado a que posee una pérdida de transmisión de 0,32 con un espesor de 1,5 cm seguido de la madera OSB con 0,23 con un espesor de 2,2 cm y 0,21 para 0,9 cm de espesor mientras que la lana de vidrio con espesor de 3 cm obtiene un valor de 0,18; sin embargo dentro de los paneles combinados presenta mejor reacción la lana de vidrio con madera OSB. Los valores encontrados con los de la teoría son inferiores a la misma para sonidos agudos.

4.4. Estimación de la cantidad de aislamiento en barreras acústicas en la implementación de locales.

La fórmula a aplicar es: La diferencia entre los niveles sonoros que se obtienen en el exterior del local L1 y en el interior L2 a esto se le conoce como aislamiento acústica del local correspondiente a la ecuación N°04

Tabla 59:
Cantidad de aislamiento de sonidos graves

Materiales acústicos	L1	L2	Qaisl
Madera OSB 2,2 cm	90,74	83,54	7,2
Poliestireno expandido 2,7 cm	90,74	87,98	2,76
Lana de vidrio 3,0 cm	90,74	29,70	61,04
Madera OSB 0,9 cm	90,74	87,66	3,08
Poliestireno expandido 1,8 cm	90,74	87,71	3,03
Lana de vidrio 1,5 cm	90,74	82,07	8,67
Poliestireno expandido con madera OSB	90,74	81,16	9,58
Poliestireno expandido con lana de vidrio	90,74	84,87	5,87
Lana de vidrio con madera OSB	90,74	85,39	5,35

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°59 de la cantidad de aislamiento de sonidos graves se tiene que el material más efectivo es la lana de vidrio de 3,0 cm con un valor de 61,04 dB seguido de la combinación de poliestireno expandido con madera OSB de 9,58 dB, seguido de la lana de vidrio de 1,5 cm con un valor de 8,67 dB seguido de la madera OSB de 2,2 cm con un valor 7,2 dB mientras que las combinaciones de poliestireno expandido con lana de vidrio tiene 5,87 dB y lana de vidrio con madera OSB de 5,35 dB mientras que la madera OSB con 3,08 dB y poliestireno expandido de 1,8 cm es de 3,03 dB y en último lugar es de 2,76 dB de poliestireno expandido de 2,7 cm.

Tabla 60:
Cantidad de aislamiento de sonidos agudos

Materiales acústicos	L1	L2	Qaisl
Madera OSB 2,2 cm	89,55	85,84	3,71
Poliestireno expandido 2,7 cm	89,55	86,24	3,31
Lana de vidrio 3,0 cm	89,55	85,89	3,66
Madera OSB 0,9 cm	89,55	85,36	4,19
Poliestireno expandido 1,8 cm	89,55	86,24	3,31
Lana de vidrio 1,5 cm	89,55	83,11	6,44
Poliestireno expandido con madera OSB	89,55	83,90	5,65
Poliestireno expandido con lana de vidrio	89,55	81,38	8,17
Lana de vidrio con madera OSB	89,55	81,14	8,41

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°60 los valores obtenidos son similares para el poliestireno expandido con lana de vidrio con 8,17 dB y lana de vidrio con madera OSB con 8,41 dB seguido de la lana de vidrio de 1,5 cm con 6,44 dB siguiendo con poliestireno expandido con madera OSB de 5,65 dB después la madera OSB de 0,9 cm con 4,19 dB continuado con la madera OSB de 2,2 cm con 3,71 dB; lana de vidrio de 3,0 cm con 3,66 dB y finalmente el espesor del poliestireno expandido es indiferente frente a los sonidos agudos teniendo como resultado 3,31 dB.

4.5. Determinación de la eficiencia de las barreras acústicas

4.5.1. Análisis de varianza

Tabla 61:

Análisis de varianzas de materiales acústicos – graves

		Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
MADERA OSB 2.2 GRAVE	Entre grupos	229,788	9	25,532	9,671	,000
	Dentro de grupos	79,200	30	2,640		
	Total	308,988	39			
POLIESTIRENO 2.7 GRAVE	Entre grupos	50,550	9	5,617	5,012	,000
	Dentro de grupos	33,620	30	1,121		
	Total	84,170	39			
LANA DE VIDRIO 3.0 GRAVE	Entre grupos	,803	9	,089	6,751	,000
	Dentro de grupos	,397	30	,013		
	Total	1,200	39			
MADERA OSB 0.9 GRAVE	Entre grupos	158,570	9	17,619	2,596	,024
	Dentro de grupos	203,604	30	6,787		
	Total	362,174	39			
POLIESTIRENO 1.8 GRAVE	Entre grupos	83,033	9	9,226	6,054	,000
	Dentro de grupos	45,715	30	1,524		
	Total	128,748	39			
LANA DE VIDRIO 1.5 GRAVE	Entre grupos	14,092	9	1,566	4,567	,001
	Dentro de grupos	10,286	30	,343		
	Total	24,378	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON MADERA OSB GRAVE	Entre grupos	69,283	9	7,698	3,336	,006
	Dentro de grupos	69,233	30	2,308		
	Total	138,516	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON LANA DE VIDRIO GRAVE	Entre grupos	7,652	9	,850	3,297	,007
	Dentro de grupos	7,735	30	,258		

	Total	15,388	39			
LANA DE VIDRIO CON MADERA OSB GRAVE	Entre grupos	339,633	9	37,737	3,471	,005
	Dentro de grupos	326,151	30	10,872		
	Total	665,784	39			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que el valor F supera el 0,05 lo que comprueba que la prueba es significativa, es decir, las muestras presentadas son diferentes con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 62:***Análisis de varianzas de materiales acústicos agudos***

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
MADERA OSB 2.2 AGUDO	Entre grupos	82,250	8	10,281	3,741	,004
	Dentro de grupos	85,206	31	2,749		
	Total	167,456	39			
POLIESTIRENO 2.7 AGUDO	Entre grupos	48,678	8	6,085	4,620	,001
	Dentro de grupos	40,833	31	1,317		
	Total	89,511	39			
LANA DE VIDRIO 3.0 AGUDO	Entre grupos	38,485	8	4,811	2,680	,023
	Dentro de grupos	55,646	31	1,795		
	Total	94,131	39			
MADERA OSB 0.9 AGUDO	Entre grupos	266,822	8	33,353	3,251	,008
	Dentro de grupos	318,012	31	10,258		
	Total	584,834	39			
POLIESTIRENO 1.8 AGUDO	Entre grupos	75,632	8	9,454	6,278	,000
	Dentro de grupos	46,684	31	1,506		
	Total	122,316	39			
LANA DE VIDRIO 1.5 AGUDO	Entre grupos	59,256	8	7,407	10,360	,000
	Dentro de grupos	22,164	31	,715		
	Total	81,420	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON MADERA OSB AGUDO	Entre grupos	520,562	8	65,070	4,532	,001
	Dentro de grupos	445,114	31	14,359		
	Total	965,676	39			
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON LANA DE VIDRIO AGUDO	Entre grupos	31,834	8	3,979	5,907	,000
	Dentro de grupos	20,883	31	,674		
	Total	52,718	39			
LANA DE VIDRIO CON MADERA OSB AGUDO	Entre grupos	185,580	8	23,198	2,314	,045
	Dentro de grupos	310,756	31	10,024		
	Total	496,336	39			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla N°61 se tiene que el valor F supera el 0,05 lo que comprueba que la prueba es significativa, es decir, las muestras presentadas son diferentes con un nivel del 95% de confianza

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Las barreras acústicas presentan mayor porcentaje de insonorización de sonido grave y agudo frente a nivel de presión sonora de 100 dB.

De acuerdo a la tabla N°33 se obtiene que los resultados son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95% donde se muestra que las pérdidas de transmisión son estadísticamente significativas para lo cual en la prueba de Duncan se muestra que los grupos significativos son:

- madera OSB de 2,2 cm con poliestireno expandido 2,7 cm
- poliestireno expandido 2,7cm con lana de vidrio de 3 cm
- lana de vidrio con poliestireno expandido de 1,8 cm lana de vidrio 1,5 cm
- lana de vidrio de 3 cm con combinaciones de lana poliestireno
- Lana de vidrio de 3 cm con combinaciones lana madera y poliestireno madera OSB.

Comparando los resultados obtenidos con los estudios revisados Molina (2013), en su investigación titulada “Niveles de absorción de ruido con madera, corcho y vidrio en el terminal terrestre de Quevedo”; llegó a la conclusión de que el corcho y la madera absorbieron hasta un 80% aproximadamente mientras que el vidrio y madera de guarumo fue de 70%. Los valores promedios de madera balsa, madera de guarumo, vidrio y corcho son de 69,12; 63,74; 57,04; y 66,01 decibeles respectivamente, pero la caja de experimento era de 30 cm de tamaño, así mismo los ruidos expuestos no eran constantes, además que no se define qué tipos de sonidos fueron expuestos es decir agudos o graves.

Así mismo en la tabla N°34 en cuanto a la pérdida de transmisión de sonidos agudos se tienen que 8 de las muestras analizadas son significativas con un 95% de nivel de confianza y se divide en dos grupos homogéneos que son:

- lana de vidrio y madera OSB
- poliestireno expandido de 2,7 cm con combinación de poliestireno expandido con madera OSB
- lana de vidrio con combinación de poliestireno con madera OSB
- madera OSB 0,9 cm con combinación de poliestireno expandido con madera OSB
- Poliestireno expandido de 1,8 cm con la combinación de lana de vidrio y poliestireno expandido.
- lana de vidrio de 1,5 cm con poliestireno expandido con madera OSB
- lana de vidrio con poliestireno expandido con combinación de poliestireno expandido con madera OSB
- la lana de vidrio con madera OSB con poliestireno expandido y madera OSB.

Comparando los resultados obtenidos con los estudios revisados no se encuentran analizados realizados a estos materiales en sonidos agudos y de esos espesores.

5.2. La lana de vidrio presenta una mayor pérdida de transmisión sonora frente a un nivel de presión sonora de 100 dB.

La pérdida de transmisión es medida en decibeles que es hallada con el coeficiente de absorción de cada material para luego obtener la reducción del sonido en aspecto global, es así que de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla N°57 Y °58 para sonidos graves y agudos respectivamente se observa que quien presenta una mayor pérdida de transmisión sonora es la lana de vidrio teniendo como valor el 4,95 dB presentando

así un mayor índice de reducción acústica o pérdida de transmisión cuando su espesor es de 3,0 cm para sonidos graves así como las combinaciones del mismo también presentan valores superiores a otra combinación, pero en cuanto a valores analizados para sonidos agudos se tiene que el más efectivo fue la lana de vidrio con madera OSB reduciendo así 0,43 dB, sometidos ambas barreras a 100 dB a una distancia de 5cm.

5.3. La cantidad de aislamiento es adecuada para la implementación en construcción o locales.

De acuerdo a los materiales analizados se tiene que la lana de vidrio es adecuada para la construcción para viviendas o zonas cercanas a tráfico vehicular o a sonidos graves intensos dado que reduce los niveles en 60 dB superando así a todos los materiales analizados, por lo que podrían emplearse para zonas exteriores por su amplia cantidad de aislamiento como en el caso de bares, discotecas que han presentado bastantes denuncias en la Municipalidad Provincial de Tacna, es así que sería una propuesta adecuada para su implementación de la misma y mejora de la calidad de vida de los vecinos aledaños.

Así mismo no se debería descartar las combinaciones de materiales cuando son empleados para sonidos agudos como el poliestireno expandido con lana de vidrio y la lana de vidrio con madera OSB que reduce hasta 10 dB lo que ayudaría a reducir los ruidos interiores y exteriores de zonas de hospitales y comisarias o zonas que presenten sonidos agudos, que son más probables de generar sordera.

5.4. Las barreras acústicas tienen una capacidad insonora de reducir los niveles de presión sonora.

Respecto a los resultados que se determinaron de la eficacia de la utilización de barreras acústicas se tiene que con la lana de vidrio se pudo reducir el nivel de presión sonora entre 61 a

62 dB obteniendo así una eficacia del 67% de la placa de 3 cm de espesor evidenciando así la reducción del nivel de ruido.

De acuerdo a Alegre & Dominguez (2008) se tiene que el revestimiento absorbente acústico es construido con paneles de GRC con material absorbente que en su interior cuenta con grava aglomerada y resina encima de fibra de vidrio o paneles de hormigón poroso para que el índice de absorción será de 13 a 14 dBA y así evitar su reflexión.

En cuanto a la eficacia de la madera OSB se tiene que la reducción de decibeles fue de 7 a 8 dB obteniendo una eficacia de solo 8% de una placa de 2,2 cm evidencia así una mínima reducción de ruido.

De acuerdo a Olaya *et al.*, (2007), en el tabique rigidizador cuenta con un mayor espesor por la función estructural, membrana de tablero de OSB adherido con yeso laminado no se incorporó aislamiento, así mismo se incorpora una puerta con junta de estanquidad que ocupa el 33% de su superficie aproximadamente.

Así mismo cuando se analiza el poliestireno expandido se tiene que la reducción fue de 2 a 3 dB obteniendo así una eficacia de solo el 3% de una placa de 2,7 cm evidenciando así la poca reducción de los niveles de ruido.

Tras experimentar con diferentes barreras acústicas frente a estímulos agudos y graves se llegó a la conclusión que las barreras acústicas si reducen la presión sonora aun a una distancia de 5 cm.

CONCLUSIONES

- Las barreras acústicas si presentan capacidad para reducir los niveles de presión sonora tanto para sonidos graves como sonidos agudos, si bien sus resultados varían dependiendo de su espesor, tipo de material y al ruido expuesto, donde la lana de vidrio presenta una pérdida de transmisión de casi 5 dB con un espesor de 3,0 cm.
- Las barreras acústicas presentan mayor porcentaje de insonorización cuando son sometidas a estímulos graves donde resaltan los valores de lana de vidrio de 4,85 dB de acuerdo a los valores obtenidos con la ecuación matemática de la pérdida de transmisión o reducción del sonido que a barreras acústicas sometidas a estímulos agudos donde el valor resaltante es lana de vidrio con madera OSB 0,43 dB y lana de vidrio con poliestireno expandido 0,41 dB como los valores más bajos.
- En cuanto a la cantidad de aislamiento acústico se tiene que la lana de vidrio de 3 cm puede reducir hasta 61,0 dB y en el otro extremo 2,67 dB para poliestireno de 2,7 cm para sonidos graves mientras que la lana de vidrio con madera OSB tiene valores de 8,31 dB y en el otro extremo el poliestireno expandido en sus dos grosores presentan igual resultado de 3,31 dB se tiene para sonidos agudos como los valores más bajos mediante la ecuación de la cantidad de aislamiento.
- El experimento determinó que las barreras acústicas reducen los niveles de presión acústica para sonidos graves la lana de vidrio 3,0 cm con un valor de 4,85 dB; 0,5 dB para poliestireno expandido son lana de vidrio; 0,36 dB para madera OSB 2,2 cm; 0,29 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; 0,27 dB para lana de vidrio de 1,5 cm; 0,26 dB para lana de vidrio con madera OSB mientras se tiene 0.15 dB para madera de 0,9 cm y poliestireno 1,8

cm y en ultimo valor al poliestireno expandido de 2,7 cm con 0,13 dB. Así mismo se comprobó la capacidad de insonorización por medio de diferentes barreras acústicas frente a un estímulo agudo de 100 dB obteniendo valores de 0,43 dB de lana de vidrio con madera osb; 0,41 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; seguido de 0,32 dB para lana de vidrio de 1,5 cm; 0,23 dB para madera osb de 2,2 cm; 0,21 dB para madera osb de 0,9 cm; 0,18 dB para lana de vidrio de 3 cm y por ultimo 0,16 dB para poliestireno expandido de 2,7 cm

RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar los resultados obtenidos al momento de elegir una barrera acústica para establecimiento como discotecas y otros ambientes que generen ruido para encontrar los valores dentro de los ECA para ruido y así reducir el número de sanciones impuestos por la Unidad de Gestión de la conservación y fiscalización ambiental de la Municipalidad provincial de Tacna.
- Se recomienda utilizar lana de vidrio para ambientes expuestos a sonidos graves mientras que la combinación de lana de vidrio con madera OSB para sonidos agudos.
- Se recomienda utilizar barreras acústicas en la construcción dado a que reducen los niveles de ruido tanto en el exterior como en interiores de los mismos de un recinto.
- Se recomienda tener acceso de base de datos de universidades para la calibración del modelo así como la obtención de datos para la discusión de los resultados.
- Se recomienda contar con un laboratorio de sonido para la realización de estas pruebas y efectividad de los estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio del Ambiente.* (2003). Recuperado el 09 de octubre de 2017, de Ministerio del Ambiente: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2014/07/D.S.-N%C2%B0-085-2003-PCMReglamento-de-Est%C3%A1ndares-Nacionales-de-Calidad-Ambiental-para-Ruido.pdf>
- Ministerio de agricultura y pesca, alimentacion y medio ambiente.* (2013). Recuperado el 11 de octubre de 2017, de Ministerio de agricultura y pesca, alimentacion y medio ambiente: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion>
- AITIM. (15 de Junio de 2015). CSCAE. Recuperado el 20 de agosto de 2018, de CSCAE: https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_Virtas%20OSB_15.06.2015.pdf
- Alarcón Damián, A. (2012). *Evaluación de riesgos en salud laboral en Aserraderos de la Provincia de Huancayo.* Huancayo.
- Alegre, Dámaso & Dominguez, Julián. (2008). *Dispositivos reductores de ruido.*
- Alfie Cohen, Miriam & Salinas Castillo, Osvaldo. (2017). Ruido en la Ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios demográficos y urbanos*, 65 - 96 .
- Ambiente, M. d. (2012). *Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental.* Lima.
- Azañedo Obando, Lizeth A. & Cabrera Felix, Jonathan R. (2017). *Evaluación de los niveles de ruido ambiental en las principales zonas comerciales de la ciudad de Trujillo durante el periodo noviembre 2016 - febrero 2017.* Trujillo.
- Baca Berrio, William & Seminario Castro, Saúl. (2012). *Evaluación del impacto sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú.* Lima.
- Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas & Schwela, Dietrich. (1999). *Guidelines for Community noise.* Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- Boschi, C.E.; Acosta, S.G. & Gonzales A.F. . (2005). *Universidad Tecnología Nacional*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Universidad Tecnología Nacional.
- Carranza Chavarría, Annie Victoria & Tovar Palomino, Luis Miguel. (2014). *Determinación de la capacidad de absorción sonora de barreras acústicas a partir de residuos orgánicos*. Callao, Perú.
- Carranza Chavarria, Annie Victoria & Tovar Palomino, Luis Miguel. (2014). *Universidad Nacional del Callao*. Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de Universidad Nacional del Callao: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1692>
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: ISBN.
- Castillo, Joaquin & Costa, Alejandro. (Mayo de 2012). *Universidad Tecnología Nacional*. Recuperado el 11 de Octubre de 2017, de Universidad Tecnología Nacional: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0412E1-Castillo-Costa.pdf>
- Cobo Parra, P. (1997). *Control activo del ruido*. Madrid: CSI.
- Del Castillo Quirita, J. R. (2017). *Mitigación de los niveles de ruido por aislamiento acústico de la cabina del proceso de granallado en la empresa Weir Minerals Vulco Peru S.A*. Arequipa.
- Farrehi, P., & Nallamothu, B. &. (2015). *Reducing hospital noise with sound acoustic panels and diffusion: a controlled study*. Michigan.
- Gambetta Quelopama, C. (2009). *Ordenanza municipal N°0030-2009-MPT*. Tacna.
- García Mendoza, R. A. (2016). *Evaluación de la Contaminación acústica de la zona comercial e industrial de la ciudad de Tacna 2016*. Arequipa.
- Gimenez de Paz, J. C. (2007). *Ruido para los posgrados de higiene y seguridad industrial*. Buenos Aires: Nobuko.
- Hangzhou Aihua. (21 de Noviembre de 2011). *Hangzhou Aihua Instruments Co., Ltd, China*. Recuperado el 02 de Junio de 2018, de Hangzhou Aihua Instruments Co., Ltd, China: <http://www.hzaihua.com/download.aspx>
- Herrera Gongora, M. A. (Noviembre de 2015). *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* . Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología :

https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/413/1/PCM_M_Tesis_2015_Marco_Herrera.pdf

Inche Mitma, J. L., & Chung Pinzas, A. R. (2010). *Diseño y desarrollo de nuevos materiales textiles para el aislamiento y acondicionamiento acústico*. Lima.

Inche Mitma, Jorge; Chung Pinzas, Alfonso & Vizarreta Chia, Roberto. (07 de Febrero de 2010). *Red de revistas científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal*. Recuperado el 28 de Agosto de 2018, de Red de revistas científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal: <http://www.redalyc.org/pdf/816/81619989012.pdf>

Jacome Sanchez, M. A. (Marzo de 2013). *Universidad Tecnica de Cotopaxi*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Universidad Tecnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1641/1/T-UTC-1515.pdf>

Jimenez, J. (2007). *Ruidos: para los posgrados en higiene y seguridad industrial*. Buenos Aires: nabuko.

Kogan Musso, P. (2004). *Análisis de la eficiencia de la ponderación A*. Valdivia.

Limache Luque, M. C. (2011). *Diagnóstico de la Contaminación sonora emitida por el tráfico vehicular que permita proponer medidas correctivas al sistema de gestión ambiental en el distrito de Tacna, 2010*. Tacna.

Lobos Vegas, V. H. (2008). *Evaluación del ruido ambiental en la Ciudad de Puerto Montt*. Valdivia, Chile.

Marcillo Marcillo, K. M. (2018). *ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO ACÚSTICO DE LOS PANELES ELABORADOS CON Balsa Y SU APLICACIÓN EN AMBIENTES INTERIORES*". Guayaquil.

MINAM. (2003). *Reglamento para los estándares nacional de calidad ambiental para ruido*. Lima.

MINAM. (30 de Octubre de 2003). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Recuperado el 01 de Mayo de 2018, de Sistema Nacional de Información Ambiental: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>

- Minam. (01 de Agosto de 2013). *Ministerio del ambiente*. Recuperado el 25 de Setiembre de 2017, de Ministerio del ambiente: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>
- Molina Loor, O. R. (2013). *"Niveles de absorción de ruido con madera, corcho y vidrio en el terminal terrestre de Quevedo"*. Quevedo, Ecuador.
- Molina Loor, O. R. (2013). *Repositorio digital UTEQ*. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de Repositorio digital UTEQ: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2341/1/T-UTEQ-0024.pdf>
- Ocaña Peña, T. D. (2018). *Eficacia en la Atenuación del nivel de presión sonora mediante placas de Espiguilla de trigo en el Colegio Politecnico del Callao Carmen de la Legua - Callao*. Lima.
- OEFA. (2011). *Evaluación rápida del nivel de ruido ambiental en las ciudades de Lima, Callao, Mayna, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna*. Lima.: Deposito legal en la biblioteca Nacional del Perú N°2011-11078.
- Olaya, Manuel; Frutos, Borja & Pacios, Antonia. (2007). *Ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo de los cerramientos exteriores y particiones realizados con paneles de madera*. ISBN.
- Ordoñez Alonzo, F. A. (2009). *Teoría electroacústica*. Guatemala.
- Payá, M. (2004). *Aislamiento Termica y acústico*. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Peraza Sanchez, J. E. (1995). *Casas de madera*.
- Pérez Rodas, Urbano Humberto & Fernández Padro, Julio. (2012). EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA EN LA CIUDAD DE TACNA. *Ciencia & Desarrollo*, 71 - 74.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acustico y termico en la construccion*. España: editores tecnicos asociados s.a.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. España: Editores técnicos asociados s.a.
- Rozas, MJ; Escudero, S; De la Colina, C; Peña, MA; Rguez, RM & Cortez, A. (2003). Aportación de los forjados de poliestireno expandido a la mejora de la transmisión de ruido de impactos. *TecniAcústica*, 43 - 55.

- Ruiz Casal, E. (1997). *Contaminación acústica: efectos sobre parámetros físicos y psicológicos*. San Cristóbal de la Laguna.
- Salas Lopez, Rolando & Barboza Castillo, Elgar. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. *Revista Indes*, 88-96.
- Salas López, Rolando & Barboza Castillo, Elgar. (12 de enero de 2016). *Revistas científicas*. Recuperado el 07 de octubre de 2017, de Revistas científicas: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/69/183>
- Salas, D. (18 de setiembre de 2009). *Municipalidad Provincial de Tacna*. Recuperado el 08 de Octubre de 2017, de Municipalidad Provincial de Tacna: <http://www.munitacna.gob.pe/pdfs/funciona/om30-09.pdf>
- Sanchez Dominguez, J. A. (28 de Marzo de 2010). *Radio y televisión española*. Recuperado el 13 de Junio de 2018, de Radio y televisión española: <http://www.rtve.es/noticias/20100328/niveles-decibelios-db-nuestro-entorno/322078.shtml>
- Saposhkov. (1983). *Electroacústica*. Barcelona: Reverté S.A.
- Soares, F.; Freitas, E.; Cunha, C.; Silva, C.; Lamas, J.; Mouta, S. & Santos, JA. (2017). *Traffic noise: Annoyance assessment of real and virtual sounds*. Portugal: Elsevier.
- Soto Zumba, M. L. (2012). *Materiales aislantes acústicos para muros*. Loja .
- Urmeneta Martin-Calero, J. M. (2014). Aislamiento. *Catalogo de productos*, 45 - 95.
- Urmeneta Martin-Calero, J. M. (2014). *Dicono - Materiales de Construcción* . Recuperado el 28 de Abril de 2018, de Dicono - Materiales de Construcción : http://www.dicono.es/catalogo_de_productos/Aislamiento_220914.pdf
- Varis. (2014). *Tecnología de la construcción*. Tornapunta, España.
- Varis. (Enero de 2014). *Tecnología de la construcción* . España: Tornapunta.
- Velásquez Rodríguez, M. (2015). *Materiales aislantes sostenibles*. Miami.
- Velasquez Rodriguez, M. (Noviembre de 2015). *Repositorio institucional universidad de extremadura*. Recuperado el 2 de Marzo de 2018, de Repositorio institucional universidad de extremadura:

http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4159/TFGUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vivienda. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima.

Y. Piedrahita & F. Fajardo. (2012). Construcción de una cámara anecoica para la caracterización de la pérdida de transmisión sonora. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34 - 39.

Yagua Almonte, W. G. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido*. Arequipa.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos	Prueba Estadística o Estrategia
¿Es eficiente las barreras acústicas, evaluando la capacidad insonora frente a los niveles de presión sonora?	Determinar la eficiencia en diferentes barreras acústicas como lana de vidrio, poliestireno expandido y madera OSB; evaluando la capacidad insonora frente a niveles de presión sonora.	Las barreras acústicas tienen una capacidad insonora de reducir los niveles de presión sonora	Dimensión física de los materiales de insonorización	-Porcentaje de insonorización	Diseño experimental completamente al azar con 18 experimentos y tres repeticiones, con un total de 18 unidades	Tablas de frecuencias. Figuras estadísticas Análisis de varianza (ANVA).
¿Cuál es la capacidad de insonorización de las diferentes barreras acústicas frente a los diferentes sonidos a un nivel de presión sonora de 100dB? ¿Cuáles son los niveles de pérdida de transmisión mediante la ecuación matemática? ¿Cuál es la mejor barrera acústica frente a los sonidos graves y agudos de nivel de presión sonora de 100dB para la implementación en locales?	Determinar la capacidad de insonorización haciendo uso de diferentes barreras acústicas de sonido grave y agudo frente a una presión sonora de 100 dB. Determinar los niveles de pérdida de transmisión, haciendo uso de una ecuación matemática Evaluar la cantidad de aislamiento de barreras acústicas, frente a niveles de presión sonora, para la implementación en locales	Las barreras acústicas presentan mayor porcentaje de insonorización de sonido grave y agudo frente a nivel de presión sonora de 100 dB. La lana de vidrio presenta una mayor pérdida de transmisión sonora frente a un nivel de presión sonora de 100 dB. La cantidad de aislamiento es adecuada frente a los niveles de presión sonora para la implementación en locales.	-Presiones sonoras -Capacidad de insonorización (aislante de ruido)	-Decibelios -Porcentaje de aislante de ruido	experimental: el cual consiste en el empleo de cajas de insonorización en base a madera OSB de 2.2 cm y 0.9 cm, lana de vidrio 3.0 cm y 1.5 cm, poliestireno expandido de 2.7 cm y 1.8 cm así como materiales combinados de poliestireno expandido con madera OSB, poliestireno expandido con lana de vidrio y lana de vidrio con madera OSB.	Coeficiente de absorción Prueba de Duncan. Cantidad de aislamiento

Anexo 2. Certificado de calibración del sonómetro



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LAC - 011 - 2018

Laboratorio de Acústica

Página 1 de 9

Expediente	98879	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
Dirección	Av. Bolognesi N° 1177 - Tacna	
Instrumento de Medición	Sonómetro	
Marca	HANGZHOU AIHUA	
Modelo	AWA6228	
Procedencia	NO INDICA	
Resolución	0,1 dB	
Clase	1	
Número de Serie	106029	
Micrófono	AWA14423	
Serie del Micrófono	2285	
Fecha de Calibración	2018-01-24	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

	<p>Fecha</p> <p>2018-01-25</p>	<p>Área de Electricidad y Termometría</p> <p> EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS</p> <p>Dirección de Metrología</p>	<p>Laboratorio de Acústica</p> <p> HENRY DIAZ/CHONATE</p> <p>Dirección de Metrología</p>
---	--------------------------------	--	---

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC – 011 – 2018

Página 2 de 9

Método de Calibración

Segun la Norma Metrológica Peruana NMP-011-2007 "ELECTROACÚSTICA. Sonómetros. Parte 3: Ensayos periódicos" (Equivalente a la IEC 61672-3:2006)

Lugar de Calibración

Laboratorio de Acústica
Calle de La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	22,4 °C	±	0,2 °C
Presión	994,0 hPa	±	0,2 hPa
Humedad Relativa	57,0 %	±	1,0 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia de CENAM Certificados CNM-CC-510-177/2015; CNM-CC-510-184/2015; CNM-CC-510-191/2015; CNM-CC-510-192/2015 y Certificado INDECOPI SNM LE-C-271-2014	Calibrador acústico multifunción B&K 4226	INACAL DM LAC-026-2016
Patrón de Referencia de la Dirección de Metrología Oscilador de Frecuencia de Cesio Symmetricom 5071A el cual pertenece a la red SIM Time Scale Comparisons via GPS Common-View http://gps.nist.gov/scripts/sim_rx_grid.exe y Certificado LE-C-271-2014	Generador de funciones Agilent 33220A	Indecopi SNM LTF-C-141-2015
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología Certificado FLUKE N° F7220026 y Certificado INACAL DM LE-761-2017	Multímetro Agilent 34411A	INACAL DM LE-908-2017
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología Certificado INACAL DM LTF-C-141-2015 y Certificado INACAL DM LE-908-2017	Atenuador de 70 dB PASTERNAK PE70A1023	INACAL DM LAC-180-2017

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
El sonómetro ensayado de acuerdo a la norma NMP-011-2007 cumple con las tolerancias para la clase 1 establecidas en la norma IEC 61672-1:2002.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC – 011 – 2018

Página 3 de 9

Resultados de Medición

RUIDO INTRINSECO (dB)

Micrófono instalado (dB)	Límite max. en L_{Aeq}^1 (dB)	Micrófono retirado (dB)	Límite max. en L_{Aeq}^1 (dB)
19,1	26,4	16,3	17

Nota: la medición se realizó en el rango 30,0 dB a 130,0 dB; con un tiempo de integración de 30 seg.

La medición con micrófono instalado se realizó con pantalla antiviento y cable de extensión.

La medición con micrófono retirado se realizó con su adaptador capacitivo AWA 14421.

¹⁾ Dato tomado del Certificate of Calibration 2014052305 Hangzhou Aihua Instruments Co., Ltd (2014-05-23).

ENSAYOS CON SEÑAL ACUSTICA

Ponderación frecuencial C con ponderación temporal F (L_{CF})

Señal de entrada: 1 kHz a 94 dB en el rango de referencia 30,0 dB a 130,0 dB; señal sinusoidal.

Antes de iniciar los ensayos el sonómetro fue ajustado al nivel de referencia dado en su manual: 94,0 dB y 1 kHz, con el calibrador acústico multifunción B&K 4226.

Frecuencia Hz	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
125	-0,2	0,2	$\pm 1,5$
1000	0,0	0,2	$\pm 1,1$
8000	-1,4	0,3	+ 2,1; - 3,1



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC - 011 - 2018

Página 4 de 9

ENSAYOS CON SEÑAL ELECTRICA

Ponderaciones frecuenciales

Señal de referencia: 1kHz a 45 dB por debajo del límite superior del rango de referencia (85 dB).

Ponderación A

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia* (dB)
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	0,0	0,3	-0,1	0,3	± 1,5
125	-0,1	0,3	-0,1	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	-0,1	0,3	± 1,4
500	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
2000	0,1	0,3	0,1	0,3	± 1,6
4000	0,2	0,3	0,2	0,3	± 1,6
8000	0,6	0,3	0,6	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	-3,2	0,3	-3,2	0,3	+ 3,5;- 17,0

Ponderación C

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia* (dB)
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
125	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
500	0,1	0,3	0,1	0,3	± 1,4
2000	0,1	0,3	0,1	0,3	± 1,6
4000	0,3	0,3	0,3	0,3	± 1,6
8000	0,7	0,3	0,7	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	-3,2	0,3	-3,2	0,3	+ 3,5;- 17,0



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC – 011 – 2018

Página 5 de 9

Ponderación Z

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia* (dB)
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	0,1	0,3	0,0	0,3	± 1,5
125	0,1	0,3	0,0	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
500	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
2000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
4000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
8000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 3,5;- 17,0

Nota: Para este ensayo se utilizó un atenuador.

Ponderaciones de frecuencia y tiempo a 1 kHz

- Señal de referencia: 1 kHz, señal sinusoidal.
- Nivel de presión acústica de referencia: 94 dB en el rango de referencia; función L_{AF}
- Desviación con relación a la función L_{AF}

Nivel de referencia (dB)	Función L_{CF}	Función L_{ZF}	Función L_{AS}	Función L_{Aeq}
94	94,0	94,0	94,0	94,0
Desviación (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0
Incertidumbre (dB)	0,3	0,3	0,3	0,3
Tolerancia* (dB)	± 0,4	± 0,4	± 0,3	± 0,3



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración LAC – 011 – 2018

Página 6 de 9

Linealidad de nivel en el rango de nivel de referencia

- Señal de referencia: 8 kHz, señal sinusoidal
- Nivel de presión acústica de partida: 94 dB en el rango de referencia; función L_{AF}
- Nivel de referencia para todo el rango de funcionamiento lineal:
 - Nivel de partida incrementado en 5 dB y luego en 1 dB hasta indicación de sobrecarga sin incluirla.
 - Nivel de partida disminuido en 5 dB y luego en 1 dB hasta indicación de insuficiencia sin incluirla.

Nivel de referencia (dB)	Medido (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
130	130,0	0,0	0,3	± 1,1
129	129,0	0,0	0,3	± 1,1
124	124,0	0,0	0,3	± 1,1
119	119,0	0,0	0,3	± 1,1
114	114,0	0,0	0,3	± 1,1
109	109,0	0,0	0,3	± 1,1
104	104,0	0,0	0,3	± 1,1
99	99,0	0,0	0,3	± 1,1
94	94,0	0,0	0,3	± 1,1
89	89,0	0,0	0,3	± 1,1
84	84,0	0,0	0,3	± 1,1
79	79,0	0,0	0,3	± 1,1
74	74,0	0,0	0,3	± 1,1
69	69,0	0,0	0,3	± 1,1
64	64,0	0,0	0,3	± 1,1
59	59,0	0,0	0,3	± 1,1
54	54,0	0,0	0,3	± 1,1
49	49,0	0,0	0,3	± 1,1
44	44,0	0,0	0,3	± 1,1
39	39,1	0,1	0,3	± 1,1
34	34,2	0,2	0,3	± 1,1
33	33,3	0,3	0,3	± 1,1
32	32,3	0,3	0,3	± 1,1
31	31,2	0,2	0,3	± 1,1
30	30,2	0,2	0,3	± 1,1

Nota 1: Para los niveles de 79 dB hasta 30 dB se utilizaron atenuadores.

Nota 2: Sólo se midió hasta 30 dB debido a que el ensayo se realizó en el rango de 30 dB a 130 dB.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL

Dirección de Metrología

Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú

Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501

email: metrologia@inacal.gob.pe

WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC – 011 – 2018

Página 7 de 9

Linealidad de nivel incluyendo el control de rango de nivel

Nota: No se aplica debido a que el sonómetro tiene un rango único.

Respuesta a un tren de ondas

- Señal de referencia: 4 kHz, señal sinusoidal permanente.

- Nivel de referencia: 3 dB por debajo del límite superior en el rango de referencia; función: L_{AF}

Función: L_{AFmax} (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído L_{AF} (dB)	Nivel leído L_{AFmax} (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* δ_{ref} (dB)	Diferencia (D - δ_{ref}) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	127,0	125,8	-1,2	-1,0	-0,2	0,3	$\pm 0,8$
2	127,0	108,7	-18,3	-18,0	-0,3	0,3	+ 1,3; - 1,8
0,25	127,0	99,3	-27,7	-27,0	-0,7	0,3	+ 1,3; - 3,3

Función: L_{ASmax} (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído L_{AF} (dB)	Nivel leído L_{ASmax} (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* δ_{ref} (dB)	Diferencia (D - δ_{ref}) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	127,0	119,3	-7,7	-7,4	-0,3	0,3	$\pm 0,8$
2	127,0	99,5	-27,5	-27,0	-0,5	0,3	+ 1,3; - 3,3

Función: L_{AE} (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído L_{AF} (dB)	Nivel leído L_{AE} (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* δ_{ref} (dB)	Diferencia (D - δ_{ref}) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	127,0	120,0	-7,0	-7,0	0,0	0,3	$\pm 0,8$
2	127,0	99,9	-27,1	-27,0	-0,1	0,3	+ 1,3; - 1,8
0,25	127,0	90,8	-36,2	-36,0	-0,2	0,3	+ 1,3; - 3,3

Nota: La medición se realizó en la función SEL (Nivel de exposición al ruido según manual del instrumento).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL

Dirección de Metrología

Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú

Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501

email: metrologia@inacal.gob.pe

WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC - 011 - 2018

Página 8 de 9

Nivel de presión acústica de pico con ponderación C

- Señales de referencia: 8 kHz y 500 Hz, señal sinusoidal permanente.
- Nivel de referencia: 8 dB por debajo del límite superior en el rango de nivel menos sensible (30,0 dB a 130,0 dB);
función: L_{CF}

Función: $L_{C_{peak}}$, para la indicación del nivel correspondiente a 1 ciclo de la señal de 8 kHz;
1 semiciclo positivo⁺ y 1 semiciclo negativo⁻ de la señal de 500 Hz.

Señal de ensayo	Nivel leído L_{CF} (dB)	Nivel leído $L_{C_{peak}}$ (dB)	Desviación (D) (dB)	$L_{C_{peak}} - L_C$ (L) (dB)	Diferencia (D - L) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
8 kHz	122,0	124,8	2,8	3,4	-0,6	0,3	± 2,4
500 Hz ⁺	122,0	124,0	2,0	2,4	-0,4	0,3	± 1,4
500 Hz ⁻	122,0	124,1	2,1	2,4	-0,3	0,3	± 1,4

Indicación de sobrecarga

- Señal de referencia: 4 kHz, señal sinusoidal permanente.
- Nivel de referencia: 1 dB por debajo del límite superior en el rango de nivel menos sensible (30,0 dB a 130,0 dB);
función: L_{Aeq}

Función: L_{Aeq} , para la indicación del nivel correspondiente a 1 semiciclo positivo⁺ y 1 semiciclo negativo⁻. Indicación de sobrecarga a los niveles leídos.

Nivel leído semiciclo + L_{Aeq} (dB)	Nivel leído semiciclo - L_{Aeq} (dB)	Diferencia (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
130,7	130,6	0,1	0,3	1,8

Nota:

Los ensayos se realizaron con su preamplificador AWA14601 (dato proporcionado por el fabricante).
Se utilizó el manual de usuario del equipo proporcionado en inglés, Model AWA6228. Acoustics & Vibration Measuring Instruments. Instruction Manual. Hangzhou Aihua Instruments Co., Ltd, China V1.8 (2010-07-04).
El sonómetro tiene grabado en la placa las designaciones: IEC61672:2002 Class 1, IEC61260:1995 Class 1.
* Tolerancias tomadas de la norma IEC 61672-1:2002 para sonómetros clase 1.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC – 011 – 2018

Página 9 de 9

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Anexo 3. Resultado de Turnitin

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN BARRERAS ACÚSTICAS, EVALUANDO LA CAPACIDAD INSONORA FRENTE A NIVELES DE PRESION SONORA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	14%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	myslide.es Fuente de Internet	1%
2	www.stps.gob.mx Fuente de Internet	1%
3	A. Medina, P. Alvarez Fernández, C. Rey Galán, P. Álvarez Mendiola, S. Álvarez Blanco, A. Vivanco Allende. "Comfort and noise level in infants with helmet interface", Anales de Pediatría (English Edition), 2015 Publicación	1%
4	www.inspeccion.com.mx Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	www.scribd.com Fuente de Internet	1%

7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.foromundialdel.org Fuente de Internet	1%
10	www.rtve.es Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Privada de Tacna Trabajo del estudiante	<1%
12	repository.icesi.edu.co Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
14	www.profesores.frc.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1%
15	Submitted to Macquarie University Trabajo del estudiante	<1%
16	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
17	Submitted to Systems Link Trabajo del estudiante	<1%
18	www.certimin.pe Fuente de Internet	

<1%

19

www.oefa.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

20

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

21

www.redalyc.org

Fuente de Internet

<1%

22

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

23

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

24

www.habitatyvivienda.gob.ec

Fuente de Internet

<1%

25

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

26

www.docstoc.com

Fuente de Internet

<1%

27

tesis.bnct.ipn.mx

Fuente de Internet

<1%

28

repositorio.udl.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

29

Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS

Trabajo del estudiante

<1%

30	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
35	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
37	infoagro.com Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	www.perulng.com Fuente de Internet	<1 %
40	dspace.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

41	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	Piedrahita, Y., and F. Fajardo. "Construcción de una cámara anecoica para la caracterización de la pérdida de transmisión sonora", Revista Brasileira de Ensino de Física, 2012. Publicación	<1 %
43	www.asesor.com.pe Fuente de Internet	<1 %
44	J. M. Tobío. "Los ruidos en las edificaciones III", Informes de la Construcción, 2016 Publicación	<1 %
45	ateneo.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	www.al-top.com Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
49	webs.psi.uminho.pt Fuente de Internet	<1 %
50	www.arauacustica.com Fuente de Internet	<1 %

51	www.metropol.gov.co Fuente de Internet	<1%
52	documents.mx Fuente de Internet	<1%
53	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1%
54	www.carrod.mx Fuente de Internet	<1%
55	www.byxy.com.cn Fuente de Internet	<1%
56	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
57	www.eie.fceia.unr.edu.ar Fuente de Internet	<1%
58	Submitted to EP NBS S.A.C. Trabajo del estudiante	<1%
59	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
60	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
61	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1%
62	www.en.argentina.ar Fuente de Internet	<1%

<1%

63

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

64

Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador

Trabajo del estudiante

<1%

65

www.minambiente.gov.co

Fuente de Internet

<1%

66

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

67

documents.worldbank.org

Fuente de Internet

<1%

68

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

69

repositorio.uteq.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

70

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

71

www.corpac.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

72

siar.regioncusco.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

repo.uta.edu.ec

73

Fuente de Internet

<1%

74

Han, Heekyung, Junghak Lee, Soojin Cho, Jinsook Kim, Kyoungwon Lee, and Woon-Do Choi. "Reference sound pressure level for Korean speech audiometry", *International Journal of Audiology*, 2011.

Publicación

<1%

75

Pinheiro, Eliana Moreira, Ruth Guinsburg, Marco Antonio de Araujo Nabuco, and Tereza Yoshiko Kakehashi. "Noise at the Neonatal Intensive Care Unit and inside the incubator", *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 2011.

Publicación

<1%

76

"38th EASD Annual Meeting of the European Association for the Study of Diabetes", *Diabetologia*, 2016

Publicación

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

Anexo 4. Código de coeficiente de absorción y pérdida de transmisión en Matlab

```

function varargout = COEyPT(varargin)
% COEYPT MATLAB code for COEyPT.fig
% COEYPT, by itself, creates a new COEYPT or raises the
existing
% singleton*.
%
% H = COEYPT returns the handle to a new COEYPT or the
handle to
% the existing singleton*.
%
% COEYPT('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
% function named CALLBACK in COEYPT.M with the given
input arguments.
%
% COEYPT('Property','Value',...) creates a new COEYPT
or raises the
% existing singleton*. Starting from the left,
property value pairs are
% applied to the GUI before COEyPT_OpeningFcn gets
called. An
% unrecognized property name or invalid value makes
property application
% stop. All inputs are passed to COEyPT_OpeningFcn via
varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help COEyPT

% Last Modified by GUIDE v2.5 15-Nov-2018 10:51:03

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @COEyPT_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @COEyPT_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});

```

```

end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before COEyPT is made visible.
function COEyPT_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% varargin    command line arguments to COEyPT (see VARARGIN)

% Choose default command line output for COEyPT
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes COEyPT wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command
line.
function varargout = COEyPT_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as
text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit2 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

```

```

function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit3 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global a b c d y
a=str2double(get(handles.edit1, 'string'));
b=str2double(get(handles.edit2, 'string'));
c=a/b;
set(handles.edit3,'string',c);
d=log10(1/c);
y=10*d
set(handles.edit4,'string',y);

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc    &&    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
close all

```

Anexo 5. Código de interfaz gráfica de los niveles de ruido

```

function varargout = propuesta(varargin)
% PROPUESTA MATLAB code for propuesta.fig
%       PROPUESTA, by itself, creates a new PROPUESTA or
raises the existing
%       singleton*.
%
%       H = PROPUESTA returns the handle to a new PROPUESTA
or the handle to
%       the existing singleton*.
%
%       PROPUESTA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%       function named CALLBACK in PROPUESTA.M with the given
input arguments.
%
%       PROPUESTA('Property','Value',...) creates a new
PROPUESTA or raises the
%       existing singleton*. Starting from the left,
property value pairs are
%       applied to the GUI before propuesta_OpeningFcn gets
called. An
%       unrecognized property name or invalid value makes
property application
%       stop. All inputs are passed to propuesta_OpeningFcn
via varargin.
%
%       *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
allows only one
%       instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
propuesta

% Last Modified by GUIDE v2.5 30-Oct-2018 15:02:36

```

```

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @propuesta_OpeningFcn,
                  ...
                  'gui_OutputFcn',  @propuesta_OutputFcn,
                  ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before propuesta is made visible.
function propuesta_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% varargin   command line arguments to propuesta (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for propuesta
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes propuesta wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command
line.
function varargout = propuesta_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on selection change in listbox1.
function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to listbox1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns
listbox1 contents as cell array
%             contents{get(hObject,'Value')} returns selected
item from listbox1

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function listbox1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to listbox1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on
Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.
if ispc      &&      isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in listbox2.
function listbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to listbox2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns
listbox2 contents as cell array
%             contents{get(hObject,'Value')} returns selected
item from listbox2

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function listbox2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to listbox2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```



```

% Hint: listbox controls usually have a white background on
Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc    &&    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in listbox3.
function listbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns
listbox3 contents as cell array
%     contents{get(hObject,'Value')} returns selected
item from listbox3

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function listbox3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on
Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc    &&    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit23 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit23 as
text
%     str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit23 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject    handle to edit23 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit24_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit24 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit24 as
text

```

```

% str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit24 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

```

```

function edit24_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit24 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit25_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit25 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit25 as
text

```

```

% str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit25 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit25_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit25 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

a = get(handles.edit23,'String');
str_part = a;
old_str = get(handles.listbox1, 'String');
new_str = strvcat(old_str, str_part);
set(handles.listbox1,'String', new_str)

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

a = get(handles.edit24,'String');
str_part = a;
old_str= get(handles.listbox2,'String');
new_str=strvcat(old_str, str_part);
set(handles.listbox2,'String', new_str)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
a = get(handles.edit25,'String');

```

```

str_part = a;
old_str = get(handles.listbox3, 'String');
new_str = strvcat(old_str, str_part);
set(handles.listbox3, 'String', new_str)

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
a=str2num(get(handles.listbox1, 'String'));
b=str2num(get(handles.listbox2, 'String'));
h=str2num(get(handles.listbox3, 'String'));
c = bar (a);
hold on
d = [b,h];
plot (c,d, 'LineStyle', '--', 'LineWidth', 5);
grid on

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(~, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
cla()

% --- Executes on button press in pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
set(handles.listbox1, 'String', [])

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
set(handles.listbox2, 'String', [])

% --- Executes on button press in pushbutton11.
function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton11 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
set(handles.listbox3, 'String', [])

% --- Executes on button press in pushbutton12.

```

```


function pushbutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton12 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
close all

```

Anexo 6. Costo de materiales

MATERIALES		
Lana de vidrio	Costo unitario	110.00
Madera OSB 2,2 cm	Costo unitario	90.00
Madera OSB 0,9cm	Costo unitario	50.00
Poliestireno expandido 2,7 cm	Costo unitario	20.00
Poliestireno expandido 1,8 cm	Costo unitario	15.00

Anexo 7. Estudio de la OEFA del año 2015

		PERÚ	Ministerio del Ambiente	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA	Dirección de Evaluación
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú" "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"					
INFORME N° 229 -2015-OEFA/DE-SDCA					
A	:	GIULIANA BECERRA CELIS Directora de Evaluación			
De	:	ADY ROSIN CHINCHAY TUESTA Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental ISABEL MILAGROS GONZALES INOCENTE Tercero Evaluador SONIA KATHLEEN FARRO RIOS Tercero Evaluador JUAN CARLOS MONCADA AZABACHE Tercero Evaluador			
Asunto	:	Informe de monitoreo de ruido ambiental realizado en el mes de julio de 2015 en el distrito Alto Alianza, provincia y departamento de Tacna			
Tipo de Informe	:	Informe de monitoreo ambiental			
Fecha	:	Lima, 15 DIC. 2015			

2015-101-043279

I. INFORMACIÓN GENERAL

a.	Zona	Provincia y departamento de Tacna.		
b.	Ámbito de influencia	Distrito Alto Alianza.		
c.	Problemática de la zona	Generación de ruido que sería originado por las actividades socioeconómicas desarrolladas en el distrito Alto Alianza, departamento de Tacna.		
d.	¿Se realizó en el marco de un Espacio de Diálogo, Mesa de Diálogo o Mesa de Desarrollo?	SI	NO	X


II. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

		¿Superó los ECA u otros en al menos 1 parámetro?				
a.	Monitoreo Ambiental	Aire	SI	NO	No se realizó.	
		Agua	SI	NO	No se realizó.	
		Suelo	SI	NO	No se realizó.	
		Sedimento	SI	NO	No se realizó.	
		Ruido	SI	NO	No cabe su comparación con el ECA.	
	RNI	SI	NO	No se realizó.		
b.	Tipo de Monitoreo Ambiental	Participativo		No Participativo		
				X		
c.	Tipo de actividad	Programada en el PLANEFA, POI, PEI, PESEM, entre otros planes de gestión.		SI	NO	X
d.	Fecha de realización	13 y 14 de julio de 2015				

Página 1 de 8

www.oefa.gob.pe

Av. República de Panamá 3542
 San Isidro - Lima, Perú
 T (511) 7131553





III. OBJETO

1. Presentar los resultados obtenidos en la medición de ruido ambiental realizado los días 13 y 14 de julio en el distrito Alto Alianza, provincia y departamento de Tacna; y evaluar el nivel de presión sonora en cuatro (4) puntos de medición ubicados en dicho distrito.

IV. ANTECEDENTES

2. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (el OEFA), en el marco de su función evaluadora, ejecuta - entre otras - acciones de vigilancia y monitoreo, en tanto que provee información sobre el análisis de los factores externos que inciden en la calidad del ambiente. En ese sentido, en el mes de octubre del año 2013, se programó y ejecutaron evaluaciones del nivel de presión sonora que tuvieron como finalidad establecer un diagnóstico para los cuarenta y nueve (49) distritos que conforman el departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.
3. Teniendo en cuenta lo anterior, se programó realizar las mediciones de ruido ambiental en los mismos distritos para conocer la evolución de los niveles de ruido desde el año 2013 hasta el 2015 en esa zona. Es en este contexto que, el Presidente del Consejo Directivo del OEFA, anunció la "Campaña de medición de ruido ambiental en Lima Metropolitana y la provincia Constitucional del Callao", campaña que se ampliaría a todo el país, evaluando, de esta manera, veintitrés (23) departamentos del territorio nacional.
4. Al respecto, las autoridades locales están a cargo de fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes sobre la contaminación sonora y, en las situaciones que caigan bajo sus competencias, elaborar, establecer y aplicar las sanciones correspondientes. Además, pueden dictar normas de prevención y control de la contaminación sonora para las actividades comerciales, de servicios y domésticas. En pocas palabras, los gobiernos locales son las instancias competentes para evaluar, supervisar, fiscalizar y sancionar los asuntos referidos al ruido, de acuerdo con lo establecido en sus respectivas ordenanzas municipales y conforme a los ECA Ruido.
5. Tomando en cuenta que muchos gobiernos locales aún no cuentan con el equipamiento o personal técnico necesario para realizar esta actividad, los estudios en provincias tienen como finalidad complementar información existente que sea de utilidad para las autoridades municipales para que, en el marco de sus competencias, implementen acciones para la prevención y control del ruido urbano en concordancia con la Política Nacional del Ambiente.

V. MÉTODOLÓGIA

6. Para llevar a cabo las mediciones, se consideró varios de los criterios indicados en las dos (2) Normas Técnicas Peruanas (NTP) emitidas por Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), que brindan los lineamientos requeridos para la ejecución de monitoreos de calidad ambiental para ruido:
 - NTP-ISO 1996-1:1982, ACÚSTICA - Descripción y mediciones de ruido ambiental. Parte I: Magnitudes básicas y procedimientos.
 - NTP-ISO 1996-2:1987, ACÚSTICA - Descripción y mediciones de ruido ambiental. Parte II: Recolección de datos pertinentes al uso de suelo.



5.1. Etapa de preparación para realizar las mediciones

5.1.1. Instrumentos de gestión aplicados

7. El Artículo 9 del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM manifiesta que, para la comparación con lo establecido en los ECA para Ruido, se puede utilizar, como instrumentos de gestión, las *Normas y Planes de Zonificación Territorial*.

5.1.2. Selección del equipo de medición

8. Para la medición del nivel de presión sonora se utilizó un (1) sonómetro de Clase II, marca Larson Davis, el cual cumple con las exigencias establecidas por la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC Standard¹), IEC 61672.
9. El sonómetro empleado tiene la capacidad de poder calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A ($L_{Aeq,T}$), de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido². En la Tabla N° 1 se detalla los datos del equipo utilizado.

Tabla N° 1.- Datos del equipo utilizado

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	FOTOGRAFÍA ³
Sonómetro	Larson Davis	LxT2	0004281	
Pre-Amplificador	Larson Davis	PRMLxT2B	036083	
Micrófono	Larson Davis	375B02	011391	

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Selección de los puntos de medición

10. La identificación de los puntos de medición de ruido ambiental se llevó a cabo en coordinación con la Municipalidad Distrital Alto Alianza y la Oficina Desconcentrada (OD) de Tacna.

¹ La International Electrotechnical Commission (IEC, siglas en inglés), es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y de tecnologías relacionadas. La norma IEC 61672, fue creada para verificar las características de fabricación de los sonómetros.

² Decreto Supremo N° 085-2003-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido, aprobado el 30 de octubre de 2003.

Título II: De los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

Artículo 4.- De los Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido

Los Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido establecen los niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse para proteger la salud humana. Dichos ECAs consideran como parámetro el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A ($L_{Aeq,T}$) y toman en cuenta las zonas de aplicación y horarios, que se establecen en el Anexo N° 1 de la norma.

³ En el Anexo N° 2 se adjunta el certificado de calibración del equipo utilizado.



11. Se consideró, un total de cuatro (4) puntos de medición. Para la identificación de dichos puntos, se utilizó la codificación del Registro Nacional de Identidad y Estado Civil (RENIEC). La descripción de los puntos de medición se presenta en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2.- Descripción de los puntos de medición

CÓDIGO RENIEC	PUNTO DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM DATUM: WGS 84 ZONA: 19 K		
			ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m)
220111	RUI-01	Intersección de la av. Jorge Basadre con av. Tarata (Salida Tarata).	367442	8009972	591
220111	RUI-02	Intersección de la av. Jorge Basadre con av. Prolongación Pinto.	368183	8009997	602
220111	RUI-03	Intersección de la av. Tarata con calle Haití.	367798	8010829	659
220111	RUI-04	Intersección de la av. Internacional con calle Haití.	368022	8010600	686

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Periodo y horario de medición

12. El periodo de medición de ruido ambiental fue de sesenta (60) minutos y se realizaron en horario diurno⁴. Las mediciones se efectuaron de acuerdo con los criterios desarrollados en la campaña de medición de ruido ambiental en Lima Metropolitana y la provincia Constitucional del Callao, del año 2013 y 2015, los horarios de medición se detallan en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3.- Horarios establecidos para las mediciones del nivel de presión sonora

HORARIO	PRIMER TURNO	SEGUNDO TURNO
Mañana	07:01 a 08:01	08:10 a 09:10
Tarde	12:30 a 13:30	13:40 a 14:40
Noche	18:00 a 19:00	19:10 a 20:10

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Etapa de Medición

(a) Instalación y configuración del equipo

13. Se instaló el equipo sobre un trípode considerando los siguientes criterios:
- A una altura aproximada de 1,5 m \pm 0,1 m del nivel del suelo.
 - El micrófono del sonómetro se orientó hacia las fuentes de generación de ruido; el ángulo de inclinación entre el sonómetro y el plano paralelo al suelo fue de 0 a 60 grados.

⁴ Decreto Supremo N° 085-2003-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, aprobado el 30 de octubre de 2003.

Título I: Objetivo, Principios y Definiciones

Artículo 3.- De las Definiciones

h) Horario diurno: Período comprendido desde las 07:01 horas hasta las 22:00 horas.





- El evaluador se situó a una distancia aproximada de 0,5 m del sonómetro, con el fin de evitar algún tipo de apantallamiento y consecuente alteración de las mediciones.
14. Se verificó el nivel de energía de las baterías del equipo y se continuó con la configuración, considerando las siguientes opciones:
 - Fecha y hora actual.
 - Filtro de ponderación frecuencial de tipo "A", debido a la comparación con el ECA para Ruido y en modo "Fast", ya que se relaciona mejor con la percepción humana.
 - Programación del tiempo de medición para sesenta (60) minutos con integración de datos cada segundo.
 15. El micrófono del sonómetro estuvo siempre protegido por un protector anti-viento que evitaba las distorsiones causadas por ráfagas de viento (velocidades mayores a 3 m/s).
 16. Se realizó la verificación de la calibración del equipo antes y después de cada medición. Adicionalmente, se ejecutó el autoajuste del equipo en los casos que existió alguna desviación en el valor de verificación.

(b) Medición

17. Se dio inicio a la medición pulsando la tecla "RUN". Durante la medición el evaluador registró la siguiente información en la hoja de campo:
 - Codificación del punto de medición.
 - Fecha y hora.
 - Descripción y referencias cercanas del entorno.
 - Observaciones que el evaluador consideró importantes.Adicionalmente, se realizó la toma fotográfica de los puntos de medición con el sonómetro (ver Anexo N° 1).
18. Finalizado el periodo de medición, el sonómetro automáticamente detuvo la medición y registró el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A ($L_{Aeq,T}$). Luego, se procedió con el registro en la hoja de campo (ver Anexo N° 3); y como acción final se desinstaló el equipo cuidadosamente.
19. No se realizaron mediciones bajo el efecto de fenómenos meteorológicos tales como: precipitación, tormentas o truenos, ya que estos eventos afectan la operatividad del equipo y la representatividad de los resultados.

5.3. Etapa de procesamiento y análisis de la información obtenida

20. A partir de los resultados obtenidos se registró en la hoja de campo la siguiente información:
 - Punto de medición (considerando el Código RENIEC).
 - Descripción del punto de medición.
 - Coordenadas UTM.
 - Fecha y hora de la medición.
 - Los parámetros a evaluar: Niveles de presión sonora máximo, mínimo y continuo equivalente con ponderación A.
 - Observaciones tomadas en campo.
21. Al término, se procedió a sistematizar y analizar la información para la elaboración del informe.



VI. RESULTADOS

22. Si bien se encuentra vigente el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM que aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, que establece los niveles máximos de ruido para cada zonificación; **La Municipalidad Distrital Alto Alianza se encuentra en proceso de actualización de los documentos de gestión y de la formulación del plano de zonificación.** Conforme a lo notificado por la Municipalidad Distrital Alto Alianza, mediante el Oficio N°444-2015-A-MDAA-T (Ver Anexo 4).
23. Por tanto, al no existir un plano o una norma de zonificación aprobada por la referida comuna, no corresponde que el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) compare los resultados de la medición del nivel de presión sonora, con los valores establecidas en el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.
24. Sin perjuicio de lo anterior, en la Tabla N° 4, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla N° 4.- Resultados de la medición del nivel de presión sonora

PUNTO DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MEDICIÓN	HORA DE MEDICIÓN		RESULTADOS (dBA)		
			INICIO	FIN	L _{max}	L _{min}	L _{Aeq,T}
220111,RUI-01	Intersección de la av. Jorge Basadre con av. Tarata (Salida Tarata).	13/07/2015	19:16	20:16	86,7	62,5	71,9
220111,RUI-02	Intersección de la av. Jorge Basadre con av. Prolongación Pinto.	14/07/2015	07:03	08:03	88,5	61,0	71,8
220111,RUI-03	Intersección de la av. Tarata con calle Haití.	14/07/2015	08:16	09:16	86,0	52,8	67,3
220111,RUI-04	Intersección de la av. Internacional con calle Haití.	14/07/2015	12:25	13:25	94,2	56,1	70,7

Fuente: Elaboración propia.

VII. CONCLUSIONES

25. Los días 13 y 14 de julio de 2015, la Dirección de Evaluación del OEFA realizó la medición del nivel de presión sonora en cuatro (4) puntos, ubicados en el distrito Alto Alianza, provincia y departamento de Tacna.
26. Los valores registrados no pudieron ser comparados con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, debido que la Municipalidad Distrital Alto Alianza no ha aprobado a la fecha la norma que contenga o apruebe el plano de zonificación.
27. El valor más alto del L_{Aeq,T} se registró en el punto de medición 220111,RUI-01 (71,9 dBA). Por otro lado, el valor más bajo del L_{Aeq,T} se registró en el punto de medición 220111,RUI-03 (67,3 dBA).
28. Durante la inspección en los días 13 y 14 de julio de 2015, en horario diurno, se advirtió que la principal fuente de generación de ruido ambiental es el tráfico vehicular producido por los autos, combis, mototaxis, motos lineales, tráileres y buses interprovinciales y en segundo plano el uso del claxon por parte de los conductores⁵.



⁵ Información obtenida en campo y registrada en la hoja de campo (ver Anexo 3).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

VIII. RECOMENDACIONES

30. Remitir una copia del presente informe a la a la Subdirección de Supervisión a Entidades de la Dirección de Supervisión del OEFA, para conocimiento y fines pertinentes.
31. Remitir una copia del presente informe a la Municipalidad Distrital Alto Alianza y a la Oficina Desconcentrada de Tacna, para conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,

ISABEL MILAGROS GONZALES INOCENTE
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación

SONIA KATHLEEN FARRO RIOS
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación

JUAN CARLOS MONCADA AZABACHE
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Lima, 15 Dic. 2015

Visto el Informe N° 229 -2015-OEFA/DE-SDCA y habiéndose verificado que se encuentra enmarcado dentro de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; la Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

ADY ROSIN CHINCHAY TUESTA
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental
Dirección de Evaluación

Lima, 15 DIC. 2015

Visto el Informe N° 229 -2015-OEFA/DE-SDCA, y en atención a la recomendación de la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

GIULIANA BECERRA CELIS
Directora de Evaluación

Anexo 8. Panel fotográfico de la realización del experimento.

A. Elaboración de la caja de insonorización



Figura 29: Preparación de caja de insonorización



Figura 30: Preparación de las paredes intercambiables



Figura 31: Barreras intercambiables superiores



Figura 32: Cara inferior



Figura 33: Caja terminada

B. Experimento con caja al exterior

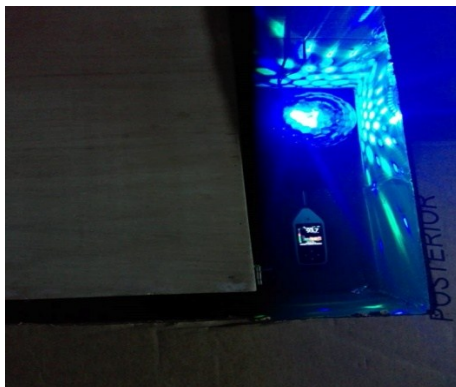


Figura 34: Medición tomada desde el exterior de la caja

C. Experimento con caja sin barreras acústicas



Figura 35: Caja de insonorización sin barreras acústicas

D. Experimento con barreras de madera OSB



Figura 36: Caja de insonorización con madera OSB

E. Experimento con barreras de poliestireno expandido



Figura 37: Caja de insonorización con poliestireno expandido

F. Experimento con barreras de lana de vidrio



Figura 38: Caja de insonorización con lana de vidrio

G. Experimento con barreras combinadas



Figura 39: Caja de insonorización con Poliestireno expandido y madera OSB

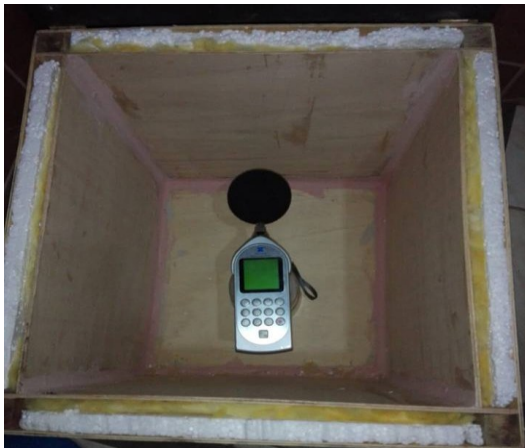


Figura 40: Caja de insonorización con poliestireno expandido y lana de vidrio



Figura 41: Caja de insonorización con lana de vidrio con madera OSB

Anexo 9. Decreto Supremo N°085-2003-PCM



PERÚ Ministerio del Ambiente

Vigilancia y Control Ambiental

Índice

1	Introducción	3
2	Objetivo.....	4
3	Base legal	4
4	Términos y definiciones.....	5
5	Monitoreo de ruido ambiental	7
5.1	<i>Diseño del plan de monitoreo.....</i>	7
5.2	<i>Metodología de monitoreo.....</i>	9
5.2.1	Paso 1: Calibración	9
5.2.2	Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido	10
5.2.2.1	Fuentes de ruido	10
5.2.2.2	Tipos de ruido.....	12
5.2.3	Paso 3: Ubicación del punto de monitoreo e instalación de sonómetro	12
5.2.4	Paso 4: Identificación de las unidades de ruido.....	15
5.2.5	Paso 5: Medición del ruido.....	16
5.2.6	Paso 6: Corrección de datos.....	18
6	Equipo de monitoreo de ruido ambiental.....	18
7	Gestión de datos.....	19

ANEXOS

Anexo N°1. Formato de ubicación de puntos de monitoreo

Anexo N°2. Hoja de campo

AnexoN°3. Mapas de Ruido



PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL

I.- Introducción

El Ministerio del Ambiente es el organismo rector del sector ambiental, forma parte del Poder Ejecutivo y tiene por función desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, aplicable a todos los niveles de gobierno y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Como parte de los lineamientos de la Política de Calidad del Aire comprendidos en el eje de Política N° 02 "Gestión integral de la calidad ambiental", la autoridad deberá impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 133° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, la importancia de manejar instrumentos de vigilancia y monitoreo eficientes radica en que la información obtenida puede orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. Por tal razón, la autoridad ambiental nacional será la encargada de establecer los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, con el objetivo de establecer los niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse para proteger la salud humana. El artículo 14° de la referida norma establece que la vigilancia y monitoreo de la contaminación sonora en el ámbito local es una actividad a cargo de las municipalidades provinciales y distritales de acuerdo a sus competencias, sobre la base de los lineamientos que establezca el Ministerio de Salud.

No obstante lo anterior, a la fecha no existe ninguna **norma de observancia obligatoria** que determine cómo **realizar un monitoreo de calidad ambiental para ruido**. Actualmente se cuenta con dos (02) Normas Técnicas Peruanas (NTPs), en adelante **NTPs**, emitidas por el INDECOPI:

- a) NTP-ISO1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, y;
- b) NTP-ISO1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Sin embargo, dichas normas sólo son de carácter voluntario y no establecen ninguna obligación de ser observadas por las entidades públicas y privadas al momento de realizar los monitoreos.

Por lo antes expuesto, el presente **Protocolo Nacional de Monitoreo del Ruido** pretende establecer **metodologías, técnicas y procedimientos para realizar las mediciones de niveles de ruido en el país**, los cuales serán de observancia obligatoria por **los Gobiernos Locales (principales responsables de ejecutar los monitoreos de ruido de conformidad con lo establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM)**, así como por todas aquellas personas naturales y jurídicas que deseen evaluar los niveles de ruido en el ambiente. El presente Protocolo establece las directrices generales a ser aplicadas en todo el territorio nacional, independientemente de su ubicación geográfica, contexto social o situación económica específica.

Los resultados obtenidos en los monitoreos, siguiendo el presente protocolo, podrán ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido vigentes a efectos de verificar su cumplimiento. Dicha información estará uniformizada y permitirá que la autoridad oriente la adopción de medidas correctivas o preventivas que permitan asegurar el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental en materia de ruido.

Para el desarrollo del Protocolo se toma como base los criterios técnicos descritos en las Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el INDECOPI, en la propuesta de Protocolo de Monitoreo elaborada por el OEFA y en la información obtenida en las reuniones celebradas con autoridades en la materia. Este Protocolo incluye capítulos relativos al diseño del plan de monitoreo, frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo, selección de métodos de medición y lugares de muestreo, entre otros.

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.





II.- Objetivo

El objetivo del Protocolo Nacional de Ruido es establecer las metodologías, técnicas y procedimientos (desde el diseño del plan de monitoreo) que se deben considerar para tener un monitoreo de ruido ambiental técnicamente adecuado.

El alcance del Protocolo es nacional, y debe ser usado por toda persona natural o jurídica pública o privada que desee realizar un monitoreo de ruido ambiental con fines de comparación con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Ruido, ya sea para la caracterización de línea base ambiental o para el seguimiento a un plan de gestión de ruido.

El Protocolo Nacional de Ruido se constituye en un documento importante para la gestión ambiental realizada por el Ministerio del Ambiente, ya que al uniformizar la información obtenida, podrá ser utilizada como base para orientar la adopción de medidas que cumplan con lo establecido en la normatividad vigente y en la política nacional en materia de ruido.

III.- Base legal

El presente informe se sustenta en las siguientes normas:

- 3.1.- La **Constitución Política del Perú**, en su artículo 2° inciso 22 se establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Asimismo, el Artículo 67° señala que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.
- 3.2.- El **Decreto Legislativo N° 1013** que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, en su artículo 04° señala que el Ministerio del Ambiente es el organismo rector del sector ambiental, forma parte del Poder Ejecutivo y tiene por función desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, aplicable a todos los niveles de gobierno y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los lineamientos de política para calidad del aire comprendidos en el eje de Política N° 02 "*Gestión integral de la calidad ambiental*", considera como un lineamiento de Política de Calidad del aire el impulsar mecanismos técnico normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.
- 3.3.- **Ley N° 28611**, Ley General del Ambiente, en su artículo 133° establece que la vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. La autoridad ambiental nacional establece los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.
- 3.4.- **Ley N° 28245**, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental cuyo objeto busca asegurar el más eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental, el rol que le corresponde al Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.
- 3.5.- **Decreto Supremo N° 008-2005-PCM**, Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- 3.6.- **Ley N° 27972**, Ley Orgánica de Municipalidades, en cuyo artículo 80° señala que las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud tienen como función Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



- 3.7.- **Decreto Supremo N° 085-2003-PCM**, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, norma que establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible.
- 3.8.- La **NTP 1996-1:2007**, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación.
- 3.9.- La **NTP 1996-2:2008**, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Dichas Normas Técnicas Peruanas no son de cumplimiento obligatorio, lo cual denota un vacío legal respecto de las metodologías generales de monitoreo del ruido en el país.

IV.- Términos y definiciones

- 4.1.- **Calibrador acústico:** Es el instrumento normalizado utilizado para verificar la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición y que satisface las especificaciones declaradas por el fabricante.
- 4.2.- **Decibel (dB):** Unidad adimensional usada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. Es la décima parte del Bel (B), y se refiere a la unidad en la que habitualmente se expresa el nivel de presión sonora.
- 4.3.- **Decibel "A" dB(A):** Es la unidad en la que se expresa el nivel de presión sonora tomando en consideración el comportamiento del oído humano en función de la frecuencia, utilizando para ello el filtro de ponderación "A".
- 4.4.- **Emisión de ruido:** Es la generación de ruido por parte de una fuente o conjunto de fuentes dentro de un área definida, en el cual se desarrolla una actividad determinada.
- 4.5.- **Estándares de Calidad Ambiental para Ruido:** Son aquellos que consideran los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben excederse a fin de proteger la salud humana. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con ponderación A.
- 4.6.- **Fuente Emisora de ruido:** Es cualquier elemento, asociado a una actividad determinada, que es capaz de generar ruido hacia el exterior de los límites de un predio.
- 4.7.- **Intervalo de medición:** Es el tiempo de medición durante el cual se registra el nivel de presión sonora mediante un sonómetro.
- 4.8.- **Línea Base:** Diagnóstico para determinar la situación ambiental y el nivel de contaminación del área en la que se llevará a cabo una actividad o proyecto, incluyendo la descripción de los recursos naturales existentes, aspectos geográficos, sociales, económicos y culturales de las poblaciones en el área de influencia del proyecto.
- 4.9.- **Monitoreo:** Acción de medir y obtener datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del entorno.
- 4.10.- **Nivel de presión sonora (NPS):** Es el valor calculado como veinte veces el logaritmo del cociente entre la presión sonora y una presión de referencia de 20 micropascales.
- 4.11.- **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A (LAeqT):** Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



- 4.12.- **Nivel de Presión sonora Máxima (Lmax ó NPS MAX):** Es el máximo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado.
- 4.13.- **Nivel de presión sonora Mínima (Lmin ó NPS MIN):** Es el mínimo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado.
- 4.14.- **Receptor:** Para este caso es la persona o grupo de personas que están o se espera estén expuestas a un ruido específico.
- 4.15.- **Ruido:** Sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas.
- 4.16.- **Ruido ambiental:** Todos aquellos sonidos que pueden provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene a la fuente emisora.
- 4.17.- **Ruido de fondo o residual:** Es el nivel de presión sonora producido por fuentes cercanas o lejanas que no están incluidas en el objeto de medición. El sonido residual definido por la NTP-ISO 1996-1, es el sonido total que permanece en una posición y situación dada, cuando los sonidos específicos bajo consideración son suprimibles.
- 4.18.- **Ruido Estable:** Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5 dB(A), durante un periodo de observación de 1 minuto.
- 4.19.- **Ruido Fluctuante:** Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A), observado en un periodo de tiempo igual a un minuto.
- 4.20.- **Sonido:** Energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición.
- 4.21.- **Sonómetro:** Es un instrumento normalizado que se utiliza para medir los niveles de presión sonora.
- 4.22.- **Sonómetro Integrador:** Son sonómetros que tienen la capacidad de poder calcular el nivel continuo equivalente LAeqT., e incorporan funciones para la transmisión de datos al ordenador, cálculo de percentiles, y algunos análisis en frecuencia.
- 4.23.- **Superficies reflectantes:** Superficie que no absorbe el sonido, sino que lo refleja y cambia su dirección en el espacio.



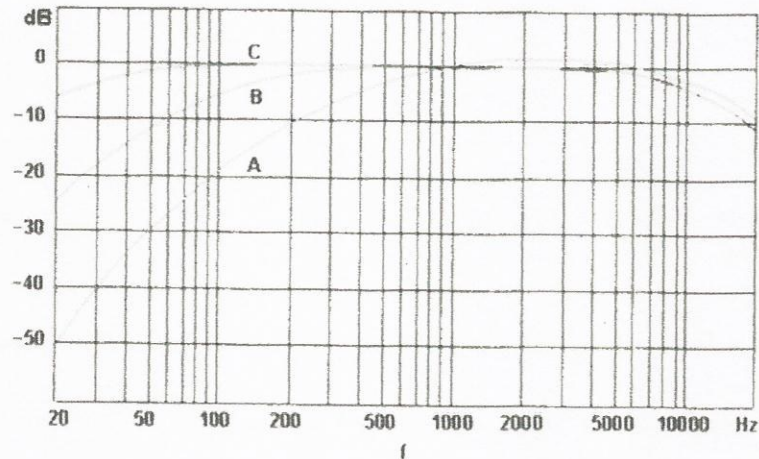


V.- Monitoreo de ruido ambiental

El monitoreo de ruido ambiental es la medición del nivel de presión sonora generada por las distintas fuentes hacia el exterior. En función al tiempo que se da pueden ser estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos en un área determinada.

Existen tres tipos de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. La ponderación A se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado (*ver figura*). El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibeles A, abreviados dBA o algunas veces dB(A), y análogamente para las otras. Ver figura N°1

Figura N° 01: Curvas de ponderación A, B y C



Para efectos de la aplicación del presente protocolo, el monitoreo del ruido ambiental deberá utilizar la ponderación A con la finalidad de comparar los resultados con el ECA Ruido vigente.

5.1.- Diseño del Plan de Monitoreo

Antes de realizar el monitoreo de ruido ambiental se debe diseñar un Plan de Monitoreo que permita la recolección de información adecuada y valedera. Para ello debemos considerar al menos lo siguiente:

Propósito del monitoreo

Definir el objetivo del monitoreo, incluyendo la fuentes, la actividad a monitorear y las características de la misma relacionadas al ruido, es decir, identificar aquellos procesos o actividades que generan mayor intensidad de ruido.

Ejemplo:

- *Objetivo del monitoreo: Identificar la intensidad de ruido producido por el tránsito vehicular.*
- *Características: Presencia de vehículos livianos (carros) y de carga pesada (camiones), así como el uso continuo del claxon.*



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Ministerio
del Ambiente

Periodo de monitoreo

El tiempo de medición debe cubrir las variaciones significativas de la fuente generadora. Este tiempo debe cubrir mínimo tres variaciones; en el caso que no se lleguen a cubrir lo señalado, los intervalos a elegir deben ser representativos considerando que en este intervalo se pueda medir un ciclo productivo representativo. Es decir, el período de medición debe coincidir con el periodo de generación del ruido representativo.

Ejemplo:

- *Monitoreo en una zona industrial: El intervalo de medición debe ser cuando la industria se encuentre en funcionamiento dentro de su horario de trabajo con una capacidad de producción promedio.*
- *Monitoreo en una avenida principal donde se necesita monitorear ruido generado por el paso vehicular: El intervalo debe ser en el horario de mayor tráfico u hora punta.*

Para el caso de monitoreos de áreas donde se ubicarán futuros proyectos (*es decir en la etapa de Línea Base*), la medición deberá hacerse dentro del horario en que se realizarán las labores de construcción y operación, y además tomando en cuenta el horario de mayor intensidad de ruido en el entorno.

Ubicación de los puntos de monitoreo

Para determinar la ubicación de los puntos de monitoreo del ruido, se deberá considerar la siguiente información, debiendo ser incluida en el formato establecido en el **Anexo 1**:

- Determinar la zona donde se encuentra la actividad a monitorear, según la zonificación dispuesta en el ECA Ruido.
- Para la determinación de los puntos de monitoreo, se deberá considerar la dirección del viento debido a que, a través de éste, la propagación del ruido puede variar.
- Dentro de cada zona, seleccionar áreas representativas de acuerdo a la ubicación de la fuente generadora de ruido y en donde dicha fuente genere mayor incidencia en el ambiente exterior.
- Seleccionar los puntos de medición indicando coordenadas para cada área representativa. Dichos puntos de medición deberán estar localizados considerando la fuente emisora y la ubicación del receptor, conforme se detalla en el ítem 5.2.3 (paso 4 del presente Protocolo).
- Describir el área a monitorear en una hoja de campo (*ver Anexo 2*), señalando si existen superficies reflectantes y condiciones climáticas a corregir.

Descripción del entorno

Se debe realizar un reconocimiento inicial del lugar, con la finalidad de:

- Conocer y describir las características de las fuentes generadoras de ruido.
- Evaluar los potenciales efectos del ruido en las áreas colindantes y circundantes.
- Construir un plano orientativo del lugar, que señale los posibles puntos representativos en la zona.

Ejemplo:

Zona industrial, con la presencia de industrias manufactureras, las cuales se encuentran en producción y la presencia de una vía principal donde se observa el alto tráfico de vehículos pesados, con potencial afectación a una zona residencial con presencia de centros educativos.

Equipos a utilizar

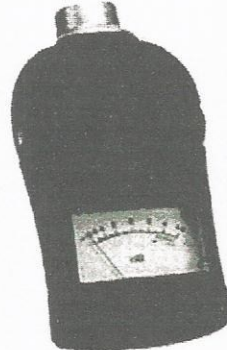
Los sonómetros a utilizar deben tener las características descritas en las NTPs y estar calibrados por instituciones acreditadas ante INDECOPI. El ítem VI define los tipos de equipos de monitoreo de ruido ambiental. A continuación se presenta una imagen de un sonómetro análogo: Ver figura N°2



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



Figura N° 02: Sonómetro Análogo



Asimismo, a continuación se presenta la imagen de un sonómetro digital: Ver figura N°3

Figura N° 03: Sonómetro Digital



El técnico operador de monitoreo debe tener experiencia en el manejo de sonómetros.

5.2.- Metodología de Monitoreo

Para realizar el monitoreo de ruido ambiental, se deberán seguir las siguientes directrices generales:

- El sonómetro debe alejarse al máximo tanto de la fuente de generación de ruido, como de superficies reflectantes (paredes, suelo, techo, objetos, etc.).
- El técnico operador deberá alejarse lo máximo posible del equipo de medida para evitar apantallar el mismo. Esto se realizará siempre que las características del equipo no requieran tener al operador cerca. En caso lo requiera, deberá mantener una distancia razonable que le permita tomar la medida, sin apantallar el sonómetro. El uso del trípode será indispensable.
- Desistir de la medición si hay fenómenos climatológicos adversos que generen ruido: lluvia, granizo, tormentas, etc.
- Tomar nota de cualquier episodio inesperado que genere ruido.
- Determinar o medir el ruido de fondo, de acuerdo con lo mencionado en el ítem 5.2.6
- Adecuar el procedimiento de medición y las capacidades del equipo al tipo de ruido que desea medir.

Los pasos a seguir para un adecuado monitoreo son:

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Viceministerio
de Gestión Ambiental

Dirección General
de Calidad Ambiental

5.2.1.- Paso 1: Calibración

Existen dos tipos de calibración:

- Calibración de campo: Es aquella que se realiza durante el monitoreo de ruido, antes y después de cada medición.
Antes e inmediatamente después de cada serie de mediciones, se debe verificar la calibración del sistema completo empleando un calibrador acústico clase 1 o clase 2, acorde a IEC 60942:2003. En todos los casos se puede utilizar un calibrador clase 1 para cualquier clase de sonómetros; en cambio, un calibrador clase 2 únicamente se puede utilizar en sonómetros clase 2.
En caso que los sonómetros sean usados por más de 12 horas o son transportados a diferentes niveles de presión atmosférica, acorde con nuestra geografía peruana, deberán ser calibrados en campo al menos 1 ó 2 veces en el día. Esta calibración no suprime la calibración de laboratorio.
Se debe verificar que los calibradores cumplan con los requisitos establecidos en IEC 60942, y deberá ser verificado por un laboratorio acreditado cada año
- Calibración de laboratorio: Es aquella que se realiza en un laboratorio especializado y la que cumple con la norma internacional IEC 60942 (1988).

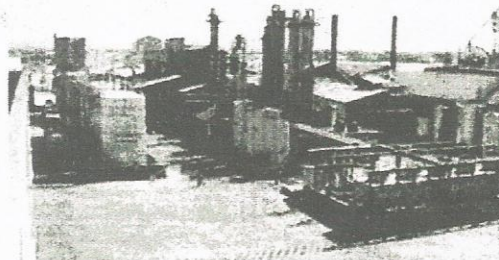
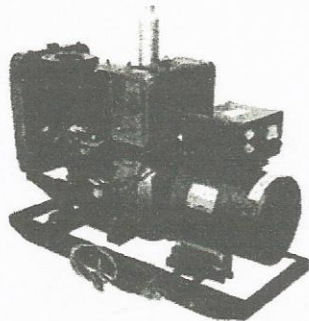
5.2.2.- Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido

5.2.2.1.- Fuentes de ruido

➤ Fijas Puntuales

Las fuentes sonoras puntuales son aquellas en donde toda la potencia de emisión sonora está concentrada en un punto. Se suele considerar como fuente puntual una máquina estática que realiza una actividad determinada, como se presenta a continuación: Ver figura N°4

Figura N° 04: Fuentes Fijas Puntuales



La propagación del sonido de una fuente puntual en el aire se puede comparar a las ondas de un estanque. Las ondas se extienden uniformemente en todas direcciones, disminuyendo en amplitud según se alejan de la fuente. En el caso ideal de que no existan objetos reflectantes u obstáculos en su camino, el sonido proveniente de una fuente puntual se propagará en el aire en forma de ondas esféricas.

➤ Fijas Zonales o de Área

Las fuentes sonoras zonales o de área, son fuentes puntuales que por su proximidad pueden agruparse y considerarse como una única fuente. Se puede considerar como fuente zonal aquellas actividades generadoras de ruido que se ubican en una zona relativamente restringida del territorio, por ejemplo: zona de discotecas, parque industrial o zona industrial en una localidad.

En caso la localidad cuente con un Plan de Ordenamiento Territorial, el operador podrá consultarlo con la finalidad de identificar las zonas donde se ubiquen las fuentes fijas zonales o de área. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes fijas zonales o de área: Ver figura N°5

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



**Figura N° 05: Fuentes Fijas Zonales o de Área**

Esta agrupación de fuentes puntuales (fuentes zonales o de área) nos permite una mejor gestión, pueden regularse y establecer medidas precisas para todas en conjunto.

➤ **Móviles Detenidas**

Un vehículo es una fuente de ruido que por su naturaleza es móvil, y genera ruido por el funcionamiento del motor, elementos de seguridad (claxon, alarmas), aditamentos, etc.

Este tipo de fuente debe considerarse cuando el vehículo sea del tipo que fuere (*terrestre, marítimo o aéreo*) se encuentre detenido temporalmente en un área determinada y continúa generando ruidos en el ambiente. Tal es el caso de los camiones en áreas de construcción (*como los camiones de cemento, que por su propia actividad generan ruido*), o vehículos particulares que están estacionados y que generan ruido con sus alarmas de seguridad. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes móviles detenidas: Ver figura N°6

Figura N° 06: Fuentes Móviles Detenidas

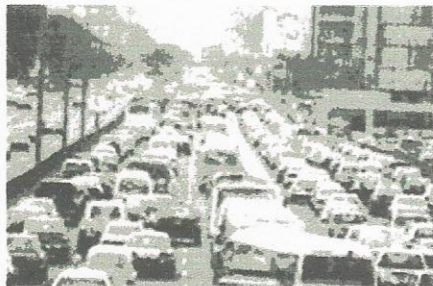
➤ **Móviles Lineales**

Una fuente lineal se refiere a una vía (avenida, calle, autopista, vía del tren, ruta aérea, etc.) en donde transitan vehículos. Cuando el sonido proviene de una fuente lineal, éste se propagará en forma de ondas cilíndricas, obteniéndose una diferente relación de variación de la energía en función de la distancia. Una infraestructura de transporte (carretera o vía ferroviaria), considerada desde el punto de vista acústico, puede asimilarse a una fuente lineal. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes móviles lineales: Ver figura N°7





PERU

Ministerio
del AmbienteViceministerio
de Gestión Ambiental**Figura N° 07: Fuentes Móviles Lineales**

5.2.2.2.- Tipos de ruido

De acuerdo a la NTP ISO 1996-1 existen varios tipos de sonidos, que para efectos del presente protocolo lo denominaremos como ruido. Por otro lado, para efectos del presente protocolo, se considerarán los siguientes:

A. En función al tiempo:

- **Ruido Estable:** El ruido estable es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente de manera que no presente fluctuaciones considerables (más de 5 dB) durante más de un minuto. Ejemplo: ruido producido por una industria o una discoteca sin variaciones.
- **Ruido Fluctuante:** El ruido fluctuante es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente y que presentan fluctuaciones por encima de 5dB durante un minuto. Ejemplo: dentro del ruido estable de una discoteca, se produce una elevación de los niveles del ruido por la presentación de un show.
- **Ruido Intermitente:** El ruido intermitente es aquel que está presente sólo durante ciertos periodos de tiempo y que son tales que la duración de cada una de estas ocurrencias es más que 5 segundos. Ejemplo: ruido producido por un compresor de aire, o de una avenida con poco flujo vehicular.
- **Ruido Impulsivo:** Es el ruido caracterizado por pulsos individuales de corta duración de presión sonora. La duración del ruido impulsivo suele ser menor a 1 segundo, aunque pueden ser más prolongados. Por ejemplo, el ruido producido por un disparo, una explosión en minería, vuelos de aeronaves rasantes militares, campanas de iglesia, entre otras.

B. En función al tipo de actividad generadora de ruido:

- Ruido generado por el tráfico automotor.
- Ruido generado por el tráfico ferroviario.
- Ruido generado por el tráfico de aeronaves.
- Ruido generado por plantas industriales, edificaciones y otras actividades productivas, servicios y recreativas.

5.2.3.- Paso 3: Ubicación del punto de monitoreo e instalación de sonómetro

A. Ubicación del punto de monitoreo

Una vez definidas las fuentes de generación, se deberá seleccionar el o las áreas afectadas, a las cuales denominaremos como áreas representativas. Estas áreas deben ser aquellas donde la fuente genere mayor incidencia en el ambiente exterior.

Los puntos de monitoreo deberán ubicarse en áreas representativas siempre al exterior, que se identificarán de la siguiente manera:

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.





PERÚ

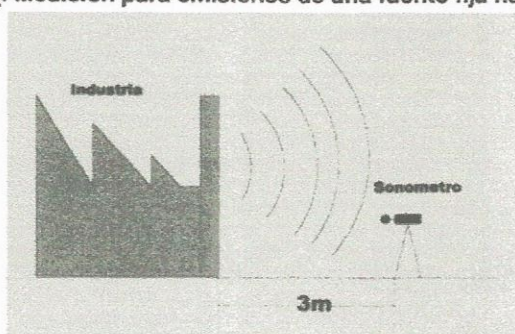
Ministerio
del Ambiente

Ministerio
de Gestión Ambiental

Dirección General
de Calidad Ambiental

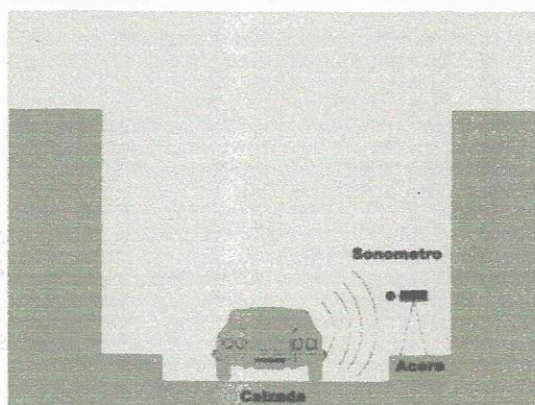
- o Cuando se trate de mediciones de ruido producto de la emisión de una fuente hacia el exterior (sin necesidad que exista un agente directamente afectado), el punto se ubicará en el exterior del recinto donde se sitúe(n) la(s) fuente(s), a mínimo 3 metros del lindero que la contenga, siempre que no existan superficies reflectantes en dicha distancia. En caso existan superficies reflectantes dentro de esa distancia, se aplicará lo establecido en la Figura N° 11. El siguiente gráfico muestra lo antes expuesto:

Figura N° 08: Medición para emisiones de una fuente fija hacia el exterior



Para el caso de fuentes vehiculares, el punto se ubicará en el límite de la calzada.¹ El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

Figura N° 09: Medición para fuentes vehiculares



- o Cuando se trate de mediciones de ruido donde exista un agente directamente afectado, el punto de monitoreo se ubicará a máximo 3 metros del lindero del predio del receptor afectado. El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

¹ Para otras fuentes debe considerarse lo descrito en el ítem 5.2.5

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.





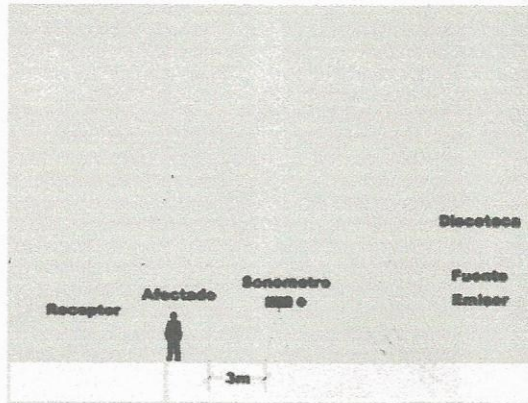
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Viceministerio de Gestión Ambiental

Dirección General de Calidad Ambiental

Figura N° 10: Medición con agente directamente afectado



B. Instalación del sonómetro

Posición y dirección del sonómetro:

- Colocar el sonómetro en el trípode de sujeción a 1,5 m sobre el piso². El técnico operador deberá alejarse lo máximo posible del equipo, considerando las características del mismo, para evitar apantallar el ruido.
- Antes y después de cada medición, registrar la calibración in situ. Se anotarán las desviaciones en la Hoja de Campo.
- Dirigir el micrófono hacia la fuente emisora, y registrar las mediciones durante el tiempo determinado según lo especificado en el ítem 5.2.5. Al término de éste se desplaza al siguiente punto elegido repitiéndose la operación anterior. Es importante señalar que la distancia entre puntos no debe ser menor de dos veces la distancia entre el punto y la fuente emisora.
- El uso de pantallas antiviento será necesario en aquellos sonómetros que lo requieran, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- No se realizarán mediciones en condiciones meteorológicas extremas que puedan afectar la medición (*lluvia, granizo, tormentas, etc.*)
- Antes de iniciar la medición, se verificará que el sonómetro esté en ponderación A y modo *Slow*. Para el caso de tránsito automotor, se utilizará el modo *Fast*.

Cuando no existan superficies reflectantes que puedan apantallar el ruido, el micrófono se ubicará a 3 metros del lindero donde se ubica la fuente emisora.

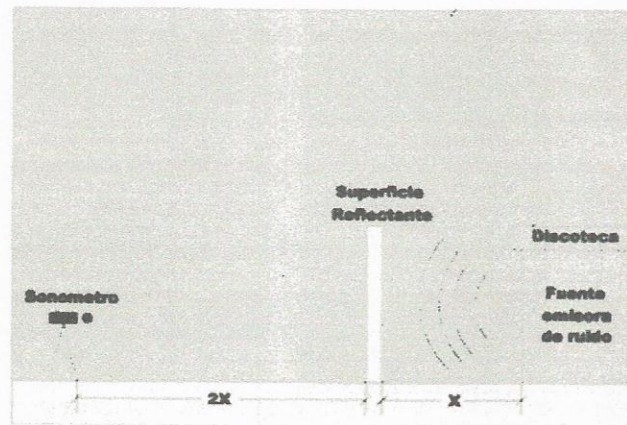
Sonómetro 3 metros Fuente Emisora

En caso que se presenten superficies reflectantes dentro de los 3 metros antes indicados, el sonómetro se ubicará a una distancia de dos veces la distancia entre la fuente emisora y la superficie reflectante, conforme a lo dispuesto en el Anexo B de la NTP ISO 1996-2. El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

² Para el caso de mediciones en zonas residenciales de varios pisos la ubicación del micrófono del sonómetro debe encontrarse a una altura de $4,0 \pm 0,5$ m.

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



Figura N° 11: Medición en casos de superficies reflectantes**5.2.4.- Paso 4: Identificación de parámetros de ruido ambiental**

Los parámetros de ruido ambiental son aquellos que describen el ruido en cantidades físicas, entre las cuales tenemos:

- **Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq):** Nivel de un ruido continuo que contiene la misma energía que el ruido medido, y consecuentemente también posee la misma capacidad de dañar el sistema auditivo.

Una de las utilidades de este parámetro es poder comparar el riesgo de daño auditivo ante la exposición a diferentes tipos de ruido. El Leq ponderado A es el parámetro que debe ser aplicado para comparación con la norma ambiental (ECA Ruido)

El LAeq permite estimar, a partir de un cálculo realizado sobre un número limitado de muestras tomadas al azar, en el transcurso de un intervalo de tiempo T, el valor probable del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un ambiente sonoro para ese intervalo de tiempo, así como el intervalo de confianza alrededor de ese valor.

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A del intervalo de tiempo T (LAeqT), es posible determinarlo directamente con aquellos sonómetros clase 1 ó 2 que sean del tipo integradores. Si no lo fueran, se aplicará la siguiente ecuación:

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right] \quad (1)$$

Donde:

L= Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función "Slow".

N= Cantidad de mediciones en la muestra i

La incertidumbre de los niveles de presión sonora medidos dependerá de la fuente de sonido, del intervalo de tiempo de medición, las condiciones del clima, la distancia de la fuente y de la instrumentación. El cálculo de la incertidumbre se deberá realizar de acuerdo al capítulo 4 de la NTP ISO 1996-2 (Tabla 1).

- **Nivel de presión sonora máxima (Lmax):** Es el máximo Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un período de medición dado.
- **Nivel de presión sonora mínima (Lmin):** Es el mínimo Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un período de medición dado.

Es importante señalar que en caso se requiera un análisis espectral del ruido debe medirse el nivel de presión sonora usando filtros de octava considerando lo especificado para tal fin en la NTP ISO 1996-2, ítem 8.4.11.



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



5.2.5.- Paso 5: Medición del ruido

Se debe tener en cuenta que cualquiera que sea el ruido a evaluar, el operador debe estar atento en todo momento a lo que marca la pantalla del instrumento o registrador, pudiendo dar una idea del comportamiento temporal de éste, y ello servirá al momento de decidir sobre el tipo de ruido que se medirá (estable, fluctuante, intermitente o impulsivo).

Se debe seguir el siguiente procedimiento para realizar las mediciones, utilizando para ello la Hoja de Campo contenida en el **Anexo 2**.

- Se debe usar para la medición de ruido ambiental con fines de comparación con el ECA Ruido, sonómetros clase 1 o 2.
- Los sonómetros pueden ser digitales o análogos, integradores o no integradores.
- El uso de pantallas antiviento será necesario en aquellos sonómetros que lo requieran, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Para **sonómetros integradores clase 1 o 2**:
 - Realizar como mínimo 10 mediciones de un (01) minuto cada una por cada punto de monitoreo, considerando el periodo de monitoreo definido en el Diseño del Plan de Monitoreo, conforme al ítem 5.1 del presente Protocolo.
 - Recordar que para cada medición se deberá anotar el L_{max} ; el L_{min} y el L_{AeqT} asociado a cada tiempo de medición.
- Para **sonómetros no integradores (digitales o análogos)**:
 - Realizar como mínimo 10 mediciones de un (01) minuto cada una por cada punto de monitoreo, considerando el periodo de monitoreo definido en el Diseño del Plan de Monitoreo, conforme al ítem 5.1 del presente Protocolo.
 - Se deberá anotar uno a uno en la Hoja de Campo, los valores instantáneos que el operador observe en la pantalla del sonómetro durante dicho minuto.
 - Una vez obtenidos los resultados, en la Hoja de Campo se identificará los valores para el L_{max} y el L_{min} y se calculará en base a la ecuación 1 del presente documento, el L_{AeqT} (siendo $T=1$ minuto).
- Se recomienda anotar en la Hoja de Campo los eventos ruidosos que ocurren durante el período en que se está midiendo y que hacen que el ruido pueda ser tomado como de carácter estable, fluctuante, intermitente o impulsivo.
- Si las mediciones realizadas en cada minuto en modo L_{Aeq} , presentan variaciones menores o iguales a 5 dB(A), se considerará dicho ruido como estable. En dichos casos, se efectuarán nuevas mediciones de L_{Aeq} de 5 minutos cada una por cada punto de medición del área representativa, a efectos de determinar la estabilidad de dicho ruido.
- Si al menos una de las mediciones anteriores, realizadas en cada minuto, en modo L_{Aeq} , presenta variaciones mayores a 5 dB(A) observados durante ese período, entonces se considerará dicho ruido como **fluctuante**. En dichos casos, se efectuarán nuevas mediciones en cada zona representativa de 10 minutos cada una por cada punto de medición del área representativa.

Existen procedimientos de monitoreo específicos para las siguientes actividades:

a) **Mediciones de ruido generado por el tránsito automotor**

- La medición se realiza en L_{Aeq} , y ponderada en F (o *rápida*, en inglés denominado *Fast*).
- El tiempo a medir debe ser tal que capture el ruido producido por el paso vehicular de los distintos tipos de vehículos que transitan y a una velocidad promedio para el tipo de vía.
- Se debe contar el número de vehículos que pasan en el intervalo de medición, distinguiendo los tipos (por ejemplo: pesados y livianos).
- Se debe identificar el tipo o características de la vía donde se desplazan los vehículos.
- Cuando se presenta un tránsito no fluido se debe medir el ruido producido por el paso de 30 vehículos como mínimo por categoría identificada (*pesado y liviano*). En el caso que no se pueda obtener las mediciones del número indicado de vehículos se deberá reportar en la hoja de campo los motivos.
- Se debe registrar la presión sonora máxima $L_{máx}$, la cual debe ser registrada por cada una de las categorías de vehículos registrados y considerando un mínimo de 30 vehículos por categoría.





PERU

Ministerio
del Ambiente

Viceministerio
de Gestión Ambiental

b) Mediciones de ruido generado por el tráfico de trenes

- Para el caso de paso de trenes el intervalo de tiempo a medir debe capturar el ruido representativo del paso de todos los vagones del tren. Se debe registrar LAeq y Lmax. Esta disposición aplica tanto para trenes urbanos que transitan en el exterior (por ejemplo: Metro de Lima) como para tránsito de trenes de la Red Ferroviaria Nacional, ya sea para transporte de carga o de pasajeros (por ejemplo: tren de Cuzco-Aguascalientes, Ferrocarril Central, entre otros).

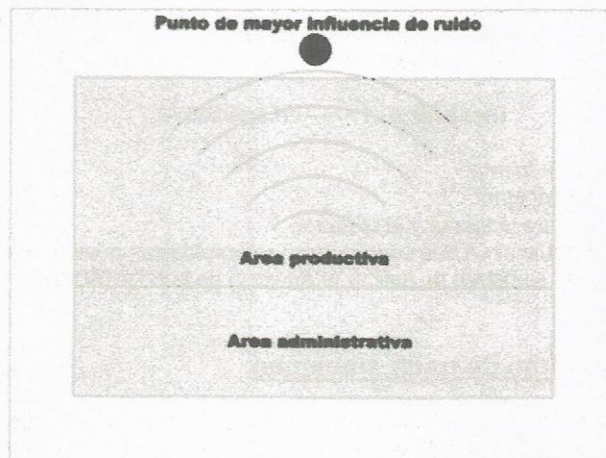
c) Mediciones de ruido generado por el tráfico de aeronaves

- La medición se realiza en LAeq.
- Esta medición debe ser representativa al paso de 5 o más aeronaves con similares características, tomando en cuenta las actividades de despegue y aterrizaje.
- La medición del L_{máx} generado por el tráfico de aeronaves en zonas residenciales debe darse en el momento de sobrevuelo más cercano.
- La medición del L_{máx} debe ser representativa de al menos 5 y preferentemente 20 o más eventos relevantes, en el caso que no se pueda obtener estas mediciones del número indicado de aeronaves se deberá reportar en la hoja de campo los motivos.

d) Mediciones de ruido generado por plantas industriales y otras actividades productivas

- La medición se realiza en LAeq.
- El intervalo de tiempo a medir será entre 5 a 10 minutos, periodo en el cual las actividades operativas deben estar presentes en forma habitual.
- Las mediciones se deben realizar a una distancia donde se pueda percibir la influencia del ruido de todas las fuentes principales (distancia no menor a 3 metros). Esta distancia no debe ser tan alejada para minimizar los efectos meteorológicos. El siguiente gráfico muestra la ubicación del punto en dichos casos:

Figura N° 12: Determinación del punto de mayor influencia de ruido



- Si las actividades de generación de ruido son cíclicas el tiempo de medición podrá ampliarse de modo que abarque dichas actividades.
- La medición del L_{máx} deberá cumplir con los criterios de medición del LAeq en cuanto a tiempo y distancia.
- El L_{máx} debe medirse considerando un mínimo de 5 eventos de generación de ruido más altos. (Ejemplo: cuando están operativas todas las etapas productivas, o se puede dar el caso cuando está a una máxima capacidad).



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

5.2.6.- Paso 6: Corrección de datos

➤ Ruido o Sonido Residual

En el monitoreo de ruido ambiental por lo general se presenta un ruido o sonido residual el mismo que está definido como todo ruido que no sea el sonido específico bajo investigación. Uno de los ejemplos comunes en los ruidos residuales es el tráfico vehicular generado en una zona industrial. Otro ejemplo de ruidos residuales generados por el viento que llega a chocar con el micrófono u otros medios como árboles, edificios, entre otros.

Existen correcciones para los sonidos residuales que a continuación se detallan:

- La corrección se realiza cuando la diferencia del nivel de presión sonora residual y el medido se encuentre entre el rango de 3dB a 10dB, entonces se aplica la corrección basada en la siguiente ecuación:

$$L_{corr} = 10 \log (10^{L_{medi}/10} - 10^{L_{resid}/10}) \text{dB}$$

Donde:

L_{corr} : es el nivel de presión sonora corregida

L_{medi} : es el nivel de presión sonora medido

L_{resid} : es el nivel de presión sonora residual

➤ Condiciones Climáticas:

En los monitoreos de ruido ambiental existen condiciones climáticas que favorecen a la propagación de ruido o al amortiguamiento de éste (*velocidad y dirección de viento, humedad relativa, etc.*). El viento es el mayor factor de propagación y este puede generar diversas condiciones desfavorables a la hora de la medición de ruido, provocando incertidumbre. En las actividades de monitoreo se deben identificar las condiciones climáticas de propagación y ser descritas en la hoja de campo (**Anexo 2**), con la finalidad de corregir el valor. Esta incertidumbre debe ser corregida de acuerdo al Anexo A de la NTP-ISO 1996-2:2008, la cual debe ser aplicada cuando no cumple la condición de la siguiente ecuación:

$$(hs+hr)/r \geq 0,1 \text{ ----- (Ecuación A)}$$

Donde:

- **hs**: es la altura de la fuente.
- **hr**: es la altura del receptor
- **r**: es la distancia entre la fuente y el receptor.

Cuando no se cumpla la ecuación A, las condiciones meteorológicas pueden afectar los resultados de medición, para estos casos se deben de aplicar el Anexo A de la NTP-ISO 1996-2:2008.

VI.- Equipo de monitoreo de ruido ambiental

El Sonómetro es un instrumento que mide la intensidad de ruido en dB (decibeles) de forma directa. Está diseñado para responder al sonido en aproximadamente la misma manera que lo hace el oído humano y dar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora.

Es capaz de medir el nivel de ruido, de una zona en cuestión, analizando la presión sonora a la entrada de su micrófono convirtiendo la señal sonora a una señal eléctrica equivalente. Generalmente además de recoger las señales es capaz de ponderarla, en función de la sensibilidad real del oído humano a las distintas frecuencias, y de ofrecer un valor único en dBA (decibeles A) del nivel de ruido del lugar a analizar.

Existen tres clases de sonómetros dependiendo de su precisión en la medida del sonido. Estas clases son 0, 1 y 2, la clase 0 es la más precisa y la clase 2 la menos precisa. Para efectos de la medición de ruido con fines de comparación con el ECA Ruido debe usarse la Clase 1 o Clase 2, y deben cumplir con lo especificado en la IEC 61672-1:2002, donde se especifica que los instrumentos de clase 1 están determinados para temperaturas de aire desde -10°C hasta +50°C, y los instrumentos

El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.





clase 2 desde 0°C hasta +40°C, dichas especificaciones deben ser consideradas al momento de realizar el monitoreo.

En la siguiente tabla se muestran a modo de ejemplo (ya que dependen de la frecuencia) las tolerancias permitidas para los distintos tipos de sonómetros según la IEC 60651.

Tabla N° 01: Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro

Tolerancias permitidas para los distintos tipos o clases definidas por la IEC 60651	
Todas las tolerancias se expresan en decibelios (dB)	
Clase	Tolerancias
0	+/- 0.4
1	+/- 0.7
2	+/- 1.0

VII.- Gestión de datos

Como parte del procedimiento de medición, el técnico encargado deberá llenar el formato establecido en el **Anexo 2** por cada punto de monitoreo realizado. En dicho formato se deberá incluir como mínimo la siguiente información:

- Ubicación exacta del punto de monitoreo.
- Zonificación de dicho punto de acuerdo al ECA.
- Tipo de fuente generadora del ruido y descripción de la misma.
- Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo: deberá señalarse las distancias entre los puntos de medición y entre éstos y otras superficies,
- Identificación de otras fuentes emisoras de ruido que influyan en la medición. Deberá especificarse su origen y características.
- Valores de ruido obtenidos. (LAeqT, Lmax, Lmin)
- Hora y fecha de la medición.
- Identificación del sonómetro utilizado y su calibración (en laboratorio y en campo).
- Descripción del entorno ambiental.

Una vez obtenida esta información, los operadores podrán analizar los resultados mediante métodos estadísticos o geográficos, de manera que se identifiquen la problemática del ruido en la zona de estudio y, a partir de éstas, se adopten medidas para mitigar los impactos. Posteriormente, estos indicadores facilitarán la verificación y control de las medidas establecidas.

La presentación estadística de los datos de monitoreo de ruido pueden incluir indicadores como los siguientes:

- Porcentaje de población de una zona determinada expuesta a niveles de ruido que exceden los valores del ECA.
- Tipo de vehículo que emite mayores emisiones de ruido.
- Niveles de ruido por horas del día.
- Niveles de ruido por días de la semana
- Otros que se definan de acuerdo a los objetivos del monitoreo.

La presentación geográfica de los resultados del monitoreo pueden realizarse a través de mapas de isolíneas (o mapas de ruido) en los que, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica - SIG, se representen las zonas de mayor afectación por los niveles de ruido que sirvan para establecer estrategias de gestión ambiental. Se presenta un Anexo informativo sobre la elaboración de mapas de ruido (**Anexo N° 3**).



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.

Anexo N°1: FORMATO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

Ubicación del lugar de monitoreo: _____

Distrito: _____ Provincia: _____

Puntos de monitoreo:

Punto	Ubicación	Distrito	Provincia	Coordenadas UTM	Zonificación según ECA



Anexo N° 2: HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto: _____ Provincia: _____ Distrito: _____
 Código del punto: _____ Zonificación de acuerdo al ECA: _____

Fuente generadora de ruido

(Marcar con una X)

Fija: _____ Móvil: _____

Descripción de la fuente: _____

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo:

Mediciones:

Nro de medición	Lmin	Lmax	LAeqT	Hora	Observaciones/ Incidencias
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Descripción del sonómetro:

Marca:	
Modelo:	
Clase:	
Nro de Serie:	
Calibración en laboratorio:	
Fecha:	
Calibración en campo:	
Antes de la medición*:	
Después de la medición*:	

* Valores expresados en dB

Descripción del entorno ambiental:



Anexo N° 03

Mapas de ruido

Un mapa de ruido es la representación cartográfica de los niveles de presión sonora existentes en una zona concreta y en un período determinado. La utilidad del mapa de ruido es determinar la exposición de la población al ruido ambiental, para así adoptar los planes o programas necesarios para prevenir y reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.

El término general de mapas de ruido se suele utilizar para referirse a mapas horizontales de líneas isofónicas a cierta altura del suelo. El nivel al que se refieren las líneas isofónicas suele ser un nivel sonoro continuo equivalente.

Los mapas de ruido pueden ser además generales o específicos sobre una o varias fuentes determinadas. Los mapas urbanos serían del primer tipo, mientras que es frecuente realizar mapas específicos del entorno de las carreteras, de los ferrocarriles, de los aeropuertos, de canteras, zonas recreativas, zonas de obra, zonas industriales.

Para la elaboración de un mapa de ruido es necesario determinar en primer lugar las características del mapa que se desea obtener, las cuales se pueden resumir en las siguientes:

- General o específico para una fuente
- Ámbito del mapa y altura sobre el suelo
- Escala de trabajo y precisión de los datos
- Índices acústicos e información reflejados en el mapa

Una vez determinados estos aspectos, se deberá elegir la forma de abordar la elaboración de un mapa de ruido, las cuales pueden ser las siguientes:

1.1.1 Por muestreo

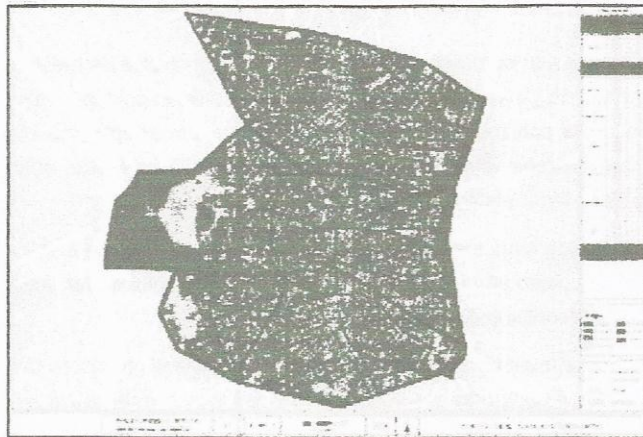
Es la técnica que se ha venido utilizando habitualmente a la hora de estudiar la contaminación por ruido en grandes áreas o núcleos urbanos. La metodología se basa en la realización de una serie de mediciones directas del ruido en un periodo largo de tiempo, utilizando retículas de determinados tamaños mediante un procedimiento de muestreo.

Para la elaboración de mapas con esta técnica, se consideran las siguientes metodologías:

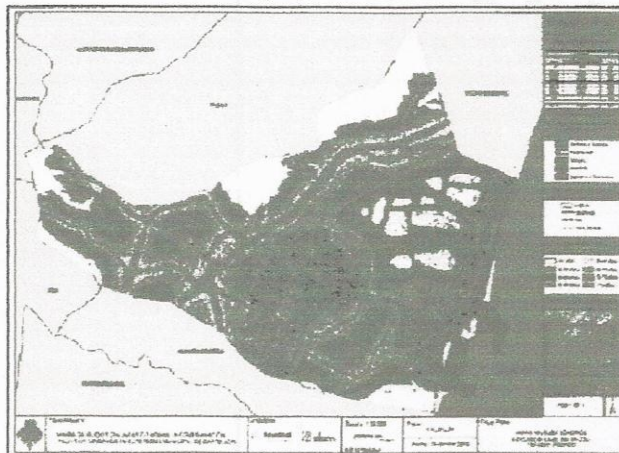
- La metodología de cuadrícula o rejilla, que consiste en dividir la zona bajo estudio mediante una rejilla de distancia fija y realizar la medida en las intersecciones de la rejilla. Las distancias habitualmente utilizadas mediante este método pueden oscilar entre los 50 y los 300 metros, en función a la dimensión del área bajo estudio.
- La metodología de vías o tráfico, que consiste en realizar una categorización de las vías y monitorear distintos puntos de ella, asumiendo que vías de la misma categoría emiten similares niveles de ruido.
- La metodología del muestreo de zonas específicas, que sirve cuando el muestreo por cuadrículas o rejillas es insuficiente porque no evalúa un ruido específico, como el ruido de entretenimiento nocturno.
- La metodología del muestreo en función a los usos del suelo, que considera las categorías de planificación territorial existentes: uso comercial, uso residencial, etc.
- La metodología de zonas aleatorias, cuando no es posible establecer cuadrículas o rejillas, zonas viales o de tráfico, o cuando no hay zonas específicas donde se concrete el ruido.



A continuación, se presentan gráficos a manera de ejemplo:



Método de Rejilla o Reticula



Método de vías o tráfico



Método por usos del suelo



Una vez analizado todo lo anterior, del conjunto de las fuentes y las zonas representativas, se deberán establecer aquellas más importantes dentro de sus categorías. Las medidas se efectúan para cada área representativa, seleccionando los puntos de medida necesarios para conocer con la mayor precisión posible los niveles de ruido. Los resultados obtenidos para cada área representativa se extrapolan para todas las zonas de la categoría, pudiendo establecerse correcciones en casos específicos.

El tiempo de medida recomendado debería ser de 24 horas. Para disminuir el tiempo de medida en cada punto pueden aplicarse tratamientos estadísticos sobre datos ya conocidos o también el análisis de la evolución temporal de las fuentes de ruido principales. No es conveniente que existan reglas fijas, ya que en cada caso el tiempo de medida necesario depende del comportamiento de las fuentes de ruido. En cualquier caso, para poder obtener un mapa de ruido confiable, no se recomiendan medidas inferiores a 15 minutos.

El inconveniente de esta técnica radica en que la medida directa de niveles sonoros resulta muy cara y requiere períodos de tiempo excesivamente largos para realizar los mapas. Sin embargo, los resultados reflejan dentro de los límites de precisión y de tiempo de las medidas, valores reales del ruido en situaciones existentes.

1.1.2 Por simulación

Actualmente se utilizan técnicas de simulación basadas en el cálculo, que acortan la duración del proceso de obtención de datos y abaratan su costo. Además, introducen como ventaja fundamental la posibilidad de valorar qué parte del sonido captado procede directamente de la fuente y qué parte procede de las diferentes reflexiones acústicas del entorno. Estas nuevas técnicas de simulación son posibles gracias al aumento de la capacidad de ciertos sistemas tecnológicos, a la comprensión y estandarización internacional de las diferentes formas que una fuente puede generar un sonido, al entendimiento de los efectos de la propagación del sonido por los diferentes medios y materiales y a la estandarización de los modelos de cálculo. A través del uso de estos simuladores, podemos llegar a predecir los niveles de ruido que se dan en un cualquier escenario acústico imaginable presente o futuro.

Los mapas de carácter general, como es el caso de los mapas de aglomeraciones, son más difíciles de elaborar mediante modelos de previsión, ya que no siempre es posible determinar el comportamiento de las fuentes de ruido y disponer de métodos de cálculo fiables. El uso de modelos de previsión para los mapas de carreteras, ferrocarriles y aeropuertos presenta numerosas ventajas prácticas, y con las precauciones adecuadas se están consiguiendo una muy buena fiabilidad de los resultados.

Para este tipo de técnica, en la actualidad existen diversos métodos informáticos para realizarla. Por ejemplo, para la elaboración de mapas específicos de carreteras, ferrocarriles y aeropuertos, existen modelos informáticos de alto nivel de eficacia probada, que permiten realizar mapas de ruido con relativa rapidez.

A continuación se presenta una representación gráfica de un mapa de ruido elaborado para la Municipalidad de Miraflores:



Figura N° 1: Representación gráfica de un mapa de ruido

