

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS
“EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
LA REGIÓN DE CAJAMARCA”

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

VÁSQUEZ CHÁVEZ MARCOS ALBERTO

ASESOR:

ING. MIRANDA TEJADA HÉCTOR HUGO

CAJAMARCA, PERÚ

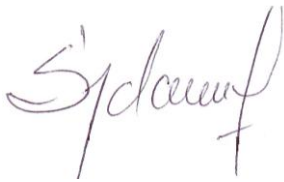
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. **Investigador:** VÁSQUEZ CHÁVEZ MARCOS ALBERTO
DNI: 72356196
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. **Asesor:** Héctor Hugo Miranda Tejada
Facultad: Ingeniería
3. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**
"EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA"
6. **Fecha de evaluación:** 25/06/2025
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 19 %
9. **Código Documento:** identificador de la entrega trn:oid:::3117:469791165
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/06/2025

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos Héctor Hugo Miranda Tejada DNI: 26617213	 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 26/06/2025 00:09:05-0500	

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA.*

ASESOR : *Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0429-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 30 de julio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **siete días del mes de agosto de 2025**, siendo las dieciséis horas con treinta minutos (4:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *MARCOS ALBERTO VÁSQUEZ CHÁVEZ*, asesorado por el Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *6* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *11* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *17* PTS *DIECISIETE* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *17 (DIECISIETE)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *17:50* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: MARCOS ALBERTO VÁSQUEZ CHÁVEZ.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	2
2.2. Dominio del tema	3
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	3
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 07 de agosto de 2025

Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130

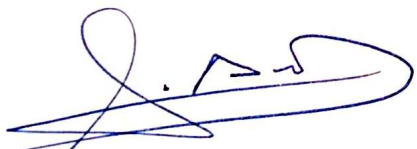


EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: MARCOS ALBERTO VÁSQUEZ CHÁVEZ.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	6
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	DIECISIETE
- Excelente 20 - 19	MUY BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 07 de agosto de 2025


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por sus bendiciones a lo largo de mi vida, a mi madre y mi abuela por su amor y apoyo incondicional, a mis docentes y asesor, por su guía y paciencia; y a mis compañeros, por su amistad y compañía en este camino. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

DEDICATORIA

Al ángel que siempre me acompañará
en la vida, mi padre, jamás olvidaré
lo que hiciste por mí y lo que
sacrificaste por ayudarme a cumplir
todo lo que me propuse. Gracias por
todo “viejito lindo”.

ÍNDICE DE TABLAS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Hipótesis de la investigación	4
1.3.1. Hipótesis general	4
1.3.2. Hipótesis específica	4
1.4. Justificación de la investigación	5
1.5. Alcances.....	5
1.6. Limitaciones	6
1.7. Objetivos.....	7
1.7.1. Objetivo general:	7
1.7.2. Objetivos específicos:.....	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales:	9

2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3.	Antecedentes locales.....	11
2.2.	Bases teóricas	11
2.2.1.	El sonido	11
2.2.2.	La propagación del sonido.....	12
2.2.3.	Características del sonido	13
2.2.3.1.	Frecuencia del sonido.	13
2.2.3.2.	Amplitud del sonido.	14
2.2.4.	Fenomenología del sonido.....	15
2.2.4.1.	La reflexión y la transmisión del sonido.	15
2.2.4.2.	Difracción del sonido.....	16
2.2.4.3.	Absorción del sonido.	17
2.2.5.	La acústica arquitectónica	18
2.2.5.1.	Acondicionamiento acústico.....	18
2.2.5.1.1.	La reverberación.	18
2.2.5.1.2.	El tiempo de reverberación.....	19
2.2.5.2.	Aislamiento acústico.	20
2.2.5.2.1.	Definición del aislamiento acústico.....	20
2.2.5.2.2.	Ruido.	20
2.2.5.2.3.	Nivel de presión sonora	21
2.2.5.2.4.	Red de ponderación A.	23
2.2.5.2.5.	El sonómetro.....	24
2.2.6.	Normativas	26

2.2.6.1.	Normativas internacionales.	26
2.2.6.1.1.	ISO 16283.....	26
2.2.6.1.2.	ISO 717.....	27
2.2.6.1.3.	NCh 352.....	28
2.2.7.	Sistemas constructivos.....	30
2.2.7.1.	Definición de un sistema constructivo.....	30
2.2.8.	Muros de mampostería con bloques de arcilla	30
2.2.8.1.	Bloques o ladrillos de arcilla.	30
2.2.9.	Muros de mampostería con bloques de concreto.....	31
2.2.9.1.	Bloques o ladrillos de concreto.	31
2.2.10.	Muros de concreto	32
2.2.11.	Losas aligeradas.....	32
2.3.	Marco conceptual	33
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		35
3.1.	Ubicación.....	35
3.1.1.	Ubicación del proyecto	35
3.1.1.1.	Distrito de Jaén.	35
3.1.1.2.	Distrito de Cutervo.	36
3.1.1.3.	Distrito de Chota.....	37
3.1.1.4.	Distrito de Cajamarca.	38
3.1.2.	Época de la investigación	39
3.2.	Metodología de la investigación.....	39
3.2.1.	Tipo de investigación	39

3.2.2.	Nivel de investigación	39
3.2.3.	Diseño de investigación.....	40
3.3.	Población de estudio.....	40
3.4.	Muestra de estudio.....	40
3.5.	Unidad de análisis.....	42
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos.....	42
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	43
3.7.	Procedimiento.....	43
3.7.1.	Procedimiento para la toma de datos con el sonómetro	43
3.7.1.1.	Cálculo de la presión sonora externa e interna.	43
3.7.2.	Procedimiento para el análisis de datos	46
CAPITULO IV: RESULTADOS		53
4.1.	Aislamiento acústico de muros de mampostería con bloques de arcilla	53
4.1.1.	Muros de mampostería con bloques de arcilla - Jaén.....	54
4.1.2.	Muros de mampostería con bloques de arcilla - Cutervo	55
4.1.3.	Muros de mampostería con bloques de arcilla - Chota	56
4.1.4.	Muros de mampostería con bloques de arcilla - Cajamarca.....	57
4.2.	Aislamiento acústico de muros de mampostería con bloques de concreto.....	58
4.2.1.	Muros de mampostería con bloques de concreto - Jaén	59
4.2.2.	Muros de mampostería con bloques de concreto - Cutervo	60
4.2.3.	Muros de mampostería con bloques de concreto - Chota.....	61
4.2.4.	Muros de mampostería con bloques de concreto - Cajamarca	62

4.3.	Aislamiento acústico de muros de concreto	63
4.3.1.	Muros de concreto - Jaén.....	64
4.3.2.	Muros de concreto - Cutervo	65
4.3.3.	Muros de concreto - Chota	66
4.3.4.	Muros de concreto - Cajamarca.....	67
4.4.	Aislamiento acústico de losas aligeradas	68
4.4.1.	Losas aligeradas - Jaén	69
4.4.2.	Losas aligeradas - Cutervo	70
4.4.3.	Losas aligeradas - Chota.....	71
4.4.4.	Losas aligeradas - Cajamarca	72
CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		73
5.1.	Muros de mampostería con bloques de arcilla y su aislamiento acústico	73
5.2.	Muros de mampostería con bloques de concreto y su aislamiento acústico ..	74
5.3.	Muros de concreto y su aislamiento acústico	75
5.4.	Losas aligeradas y su aislamiento acústico.....	77
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
6.1.	Conclusiones.....	80
6.2.	Recomendaciones	82
REFERENCIAS		83
ANEXOS		88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Niveles de presión sonora.</i>	22
Tabla 2. Valores mínimos de R_w según normativa NCh 352.	29
Tabla 3. Muestreo de sistemas constructivos.	41
Tabla 4. <i>Cálculo del nivel de presión sonora interno equivalente.</i>	48
Tabla 5. <i>Cálculo del índice ponderado de reducción sonora mediante la ISO 717.....</i>	49
Tabla 6. Valores de referencia para aislamiento de ruido aéreo.....	50
Tabla 7. Espectro de nivel sonoro para cálculo de términos de adaptación espectral. C para ruido rosa y C_{tr} para ruido de tráfico urbano.....	52
Tabla 8. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la investigación.	53
Tabla 9. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Jaén.	54
Tabla 10. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	54
Tabla 11. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cutervo.	55
Tabla 12. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	55
Tabla 13. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Chota.....	56

Tabla 14. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	56
Tabla 15. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cajamarca.	57
Tabla 16. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	57
Tabla 17. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la investigación.....	58
Tabla 18. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Jaén.	59
Tabla 19. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	59
Tabla 20. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cutervo.	60
Tabla 21. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	60
Tabla 22. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Chota.....	61

Tabla 23. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	61
Tabla 24. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca.	62
Tabla 25. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	62
Tabla 26. Muros de concreto analizados en la investigación.	63
Tabla 27. Muros de concreto analizados en la ciudad de Jaén.	64
Tabla 28. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	64
Tabla 29. Muros de concreto analizados en la ciudad de Cutervo.	65
Tabla 30. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	65
Tabla 31. Muros de concreto analizados en la ciudad de Chota.....	66
Tabla 32. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	66
Tabla 33. Muros de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca.	67
Tabla 34. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.....	67
Tabla 35. Losas aligeradas analizadas en la investigación.	68
Tabla 36. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Jaén.....	69

Tabla 37. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	69
Tabla 38. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cutervo.	70
Tabla 39. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	70
Tabla 40. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Chota.	71
Tabla 41. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	71
Tabla 42. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cajamarca.	72
Tabla 43. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Compresión y dilatación de las partículas de aire.</i>	12
Figura 2. <i>Propagación de una onda sonora a través de un medio elástico.</i>	13
Figura 3. <i>Oscilación de frecuencias a 1 Hz.</i>	14
Figura 4. <i>Amplitud de una onda sonora.</i>	15
Figura 5. <i>Reflexión y transmisión de ondas sonoras a través de una superficie.</i>	16
Figura 6. <i>Difracción de ondas sonoras.</i>	17
Figura 7. <i>Absorción de ondas sonoras.</i>	18
Figura 8. <i>Curva de ponderación A.</i>	23
Figura 9. <i>Partes de un sonómetro.</i>	25
Figura 10. <i>Mapa del distrito de Jaén.</i>	35
Figura 11. <i>Mapa del distrito de Cutervo.</i>	36
Figura 12. <i>Mapa del distrito de Chota</i>	37
Figura 13. <i>Mapa del distrito de Cajamarca</i>	38
Figura 14. <i>Desplazamiento de la curva de referencia para el cálculo de R_w.</i>	51
Figura 15. <i>Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en la calle Delfín Cerna Cdra. 3.</i>	92
Figura 16. <i>Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en la calle Jorge Pozo Manrique Cdra. 1.</i>	92
Figura 17. <i>Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en el Jr. Miguel Grau Cdra. 3.</i>	93
Figura 18. <i>Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en el Jr. Guillermo Urrelo Cdra. 12.</i>	93
Figura 19. <i>Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la calle Adriano Novoa Cdra. 2</i>	94

Figura 20. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la Av. Todos los Santos Cdra. 7.	94
Figura 21. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en el Jr. Cajamarca Cdra. 6.	95
Figura 22. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la calle Santa. Rosa Cdra. 4.	95
Figura 23. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Ramón Castilla Cdra. 9.	96
Figura 24. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Lima Cdra. 5.	96
Figura 25. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en calle Unión Cdra. 1.	97
Figura 26. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Progreso Cdra. 6.	97
Figura 27. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la calle Atahualpa Cdra. 3.	98
Figura 28. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la calle Los Sauces Cdra. 1.	98
Figura 29. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la Av. Pakamuros Cdra. 3.	99
Figura 30. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en el Jr. San Martín Cdra. 19.	99
Figura 31. Visita a Chota - Plaza central de ciudad de Chota.	100
Figura 32. Visita a Cutervo - Plaza central de ciudad de Cutervo.	100
Figura 33. Visita a Jaén - Plaza central de ciudad de Jaén.	101
Figura 34. Visita a Jaén - Universidad Nacional de Cajamarca (Filial Jaén).	101

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar si los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de arcilla, muros de mampostería con bloques de concreto, muros de concreto y losas aligeradas de la región de Cajamarca son menores que los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Para ello se analizaron 300 sistemas constructivos que formaron parte de 51 edificaciones distribuidas en las cuatro ciudades más representativas de la región: Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca. Las mediciones del aislamiento acústico de los sistemas constructivos frente al ruido generado por el tráfico vehicular se realizaron aplicando metodologías descritas en la norma ISO 16283, utilizando dos sonómetros calibrados, certificados y validados por un laboratorio especializado en mediciones ambientales. Los datos recopilados en campo fueron procesados para medir el aislamiento acústico en función del valor del índice de reducción sonora (R_w), empleando las fórmulas establecidas en las normativas ISO 16283 e ISO 717, obteniéndose así valores del R_w que oscilaron entre 17.7 dB y 44.5 dB. Como resultado del análisis comparativo realizado en la investigación se identificó que el 43.33 % de los valores del R_w calculados fueron inferiores al valor del R_w especificado por las normativas NCh 352 e ISO 717, para cada uno de los cuatro tipos de sistemas constructivos analizados. Se concluyó que, si bien el porcentaje de valores de R_w menores que los establecidos por las normas utilizadas en la investigación no representa una situación crítica en términos de aislamiento acústico, sí constituye un motivo de preocupación, ya que evidencia una posible falta de control en el diseño, la calidad de los materiales y los procesos constructivos llevados a cabo.

Palabras clave: aislamiento acústico, bloques de arcilla, bloques de concreto, muros de concreto, losas aligeradas.

ABSTRACT

This research aimed to determine whether the sound insulation values of masonry walls made of clay blocks, masonry walls made of concrete blocks, concrete walls, and lightweight slabs in the Cajamarca region are lower than the values established by standards NCh 352 and ISO 717. To this end, 300 construction systems were analyzed, which were part of 51 buildings distributed across the four most representative cities in the region: Jaén, Chota, Cutervo, and Cajamarca. The measurements of the sound insulation of the construction systems against noise generated by vehicular traffic were carried out using methodologies described in ISO 16283, with two calibrated, certified, and validated sound level meters provided by a specialized environmental measurement laboratory. The data collected in the field were processed to calculate sound insulation based on the sound reduction index (R_w), using the formulas established in ISO 16283 and ISO 717. The resulting R_w values ranged from 17.7 dB to 44.5 dB. As a result of the comparative analysis carried out in the study, it was identified that 43.33% of the R_w values obtained were lower than the minimum R_w values specified by NCh 352 and ISO 717 standards for each of the four types of construction systems analyzed. It was concluded that, although the percentage of R_w values below the normative thresholds does not represent a critical situation in terms of acoustic insulation, it is nonetheless a cause for concern, as it indicates a possible lack of control in the design, material quality, and construction processes involved.

Keywords: sound insulation, clay blocks, concrete blocks, concrete walls, lightweight slabs.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del problema

En la actualidad, el aislamiento acústico es una preocupación relevante al construir una infraestructura, ya que el ruido es una de las principales causas de incomodidad y estrés en las personas que habitan y desarrollan su vida cotidiana dentro de estos recintos, afectando su calidad de vida y bienestar. En muchas zonas urbanas, el ruido generado por el tráfico vehicular y otras actividades habituales puede ser muy elevado, lo que agrava el problema con respecto al aislamiento que ofrecen las edificaciones, haciendo necesario un análisis técnico de este fenómeno para solucionarlo y garantizar un confort acústico (Gonzales Pérez, Blanco Roldan, Entrenas Angulo, & Sola Guirado, 2020).

En cuanto al ruido, es considerado uno de los principales contaminantes ambientales, especialmente en zonas urbanas, donde el estilo de vida moderno implica una gran cantidad de actividades que generan sonidos excesivos, como eventos en discotecas, obras de construcción civil, actividades relacionadas con la industria y en especial el transporte público a través de los vehículos de combustión interna. La exposición a este fenómeno genera impactos importantes en la salud física y mental de las personas, provocando estrés, dificultades de concentración, trastornos del sueño, pérdida auditiva e incluso afectaciones negativas en la convivencia familiar y social (Altayeva, 2024).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la población está expuesta a niveles de ruido que oscilan entre los 35 y 85 dB. Define también que por debajo de los 45 dB se tiene un entorno acústico normal donde nadie experimenta molestia alguna; pero a partir de los 60 a 65 dB para un periodo diurno, se sitúa el umbral donde aparece una incomodidad sonora, volviéndose evidente cuando los niveles

alcanzan o superan los 70 dB. Para tener una idea de lo mencionado, se puede decir que en el ambiente de una biblioteca se tiene un promedio de 40 dB a 45 dB, en una conversación en voz alta a un metro de distancia se registran unos 75 dB y el tránsito vehicular de una calle muy concurrida sobrepasa fácilmente los 85 dB (Alonso, 2003).

Por lo descrito en los párrafos anteriores, se puede afirmar que los sistemas constructivos de las edificaciones deben tener un aislamiento acústico adecuado para impedir la penetración del ruido generado por múltiples fuentes externas, especialmente el tráfico vehicular, lo cual puede ocasionar malestar en las personas que habitan estos espacios (Caballol, Rodríguez, Medina, & Díaz, 2013).

La región de Cajamarca y en especial sus ciudades más representativas: Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, no son ajenas a los problemas relacionados con la contaminación acústica producida por el aumento del parque automotor que recorre sus calles. Actualmente no hay evidencia de estudios que determinen de forma cuantitativa el nivel del aislamiento acústico de los sistemas constructivos más utilizados en la región de Cajamarca, generando limitaciones para garantizar el confort acústico en las edificaciones expuestas al ruido producido por el tráfico vehicular. Atendiendo a la exigencia de conocimiento sobre el tema en mención, la presente investigación tuvo por objetivo medir el aislamiento acústico de los cuatro sistemas constructivos más usados en la región cajamarquina, siguiendo la metodología establecida por la norma ISO 16283. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores de referencia establecidos por las normas NCh 352 e ISO 717. Esto permitió identificar las principales deficiencias existentes en las edificaciones analizadas para que, de esta manera, en un futuro se pueda contribuir con propuestas de mejora que garanticen un confort acústico y bienestar en la población cajamarquina.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Son los valores del aislamiento acústico de los sistemas constructivos de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, inferiores respecto a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Son los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, inferiores respecto a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717?
- ¿Son los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de concreto de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, inferiores respecto a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717?
- ¿Son los valores del aislamiento acústico de los muros de concreto de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, inferiores respecto a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717?
- ¿Son los valores del aislamiento acústico de las losas aligeradas de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, inferiores respecto a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717?

1.3.Hipótesis de la investigación

1.3.1. Hipótesis general

- Los valores del aislamiento acústico de los sistemas constructivos de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283 son inferiores a los valores de referencia establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717.

1.3.2. Hipótesis específica

- Los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283 son inferiores a los valores de referencia establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de concreto de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283 son inferiores a los valores de referencia establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Los valores del aislamiento acústico de los muros de concreto de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283 son inferiores a los valores de referencia establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Los valores del aislamiento acústico de las losas aligeradas de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283 son inferiores a los valores de referencia establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717.

1.4. Justificación de la investigación

El presente estudio se basó en enriquecer la información técnica relacionada al aislamiento acústico de las edificaciones de la región de Cajamarca, particularmente aquellas que emplean sistemas constructivos como la mampostería con bloques de arcilla, la mampostería con bloques de concreto, los muros de concreto y las losas aligeradas. Estas edificaciones han podido verse afectadas por la contaminación acústica generada por el ruido del tráfico vehicular. Por esto, resulta necesario analizar todos los factores que influyen en el comportamiento acústico de las edificaciones, garantizando un óptimo aislamiento acústico de las construcciones de la región.

Por ello, el propósito de la investigación, fue el de evaluar los valores del aislamiento acústico de los sistemas constructivos de la región de Cajamarca medidos in situ teniendo como referencia los valores establecidos en las normativas vigentes. Esta evaluación permitió determinar cuantitativamente si los valores tomados en campo cumplieron los requerimientos mínimos establecidos por los estatutos, generando así información útil para los profesionales del sector de la ingeniería que se encargarán de la construcción de futuras edificaciones en la región cajamarquina. Cabe mencionar que la metodología empleada en el presente estudio puede ser replicada en otras investigaciones que aborden temas relacionados al aislamiento acústico en las edificaciones.

1.5. Alcances

La investigación se desarrolló en la región de Cajamarca abarcando un total de 51 edificaciones ubicadas en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca. Se evaluaron 300 sistemas constructivos, conformados por cuatro tipos: muros de mampostería con bloques de arcilla, muros de mampostería con bloques de concreto,

muros de concreto y losas aligeradas. Las edificaciones seleccionadas para el estudio fueron en su mayoría de uso residencial, multifamiliar y turístico (hoteles).

El estudio tomó la metodología establecida por la norma ISO 16283 para realizar las mediciones in situ del aislamiento acústico de las edificaciones. Además, se usaron como referencias comparativas los valores de aislamiento acústico establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Por lo requerido por las normas elegidas para el estudio las mediciones fueron realizadas en zonas con alta exposición a un tráfico de vehículos de flujo constante y en horas del día y de la tarde para comodidad de los residentes de las edificaciones analizadas.

Los resultados obtenidos permitieron conocer el comportamiento acústico de los sistemas constructivos en la región de Cajamarca y podrán ser utilizados como referencia técnica en futuros proyectos de infraestructura diseñados y orientados a brindar un confort acústico adecuado.

1.6.Limitaciones

La investigación se enfocó en la evaluación de los sistemas constructivos de las edificaciones en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, lo que ha limitado la generalización de los resultados a otras regiones del país y del mundo.

Se presentó una restricción en cuanto al diseño, debido a que se tomó distintas muestras ya edificadas donde el investigador cumplió la función de observador al realizar las evaluaciones mediante el uso de equipos tecnológicos (sonómetros) para medir el aislamiento acústico.

Existieron limitaciones con respecto al muestreo de los sistemas constructivos, ya que fue no sistémico por conveniencia, es decir no probabilístico, en donde los sistemas constructivos se seleccionaron en función de la facilidad, disponibilidad o

accesibilidad a las edificaciones que pudieron ser estudiadas, esto debido a las restricciones de propiedad privada.

El análisis realizado se centró únicamente en las normativas ISO 16283, NCh 352 e ISO 717, no considerando otras normativas nacionales o internacionales que podrían tener otros criterios de evaluación del aislamiento acústico. Así también, el estudio se enfocó exclusivamente en el aislamiento acústico frente al ruido aéreo generado por el tráfico vehicular, sin tener en consideración otras formas de generación de ruido.

Finalmente se tuvo limitaciones con respecto a los factores no controlados como el impacto del entorno inmediato, debido a que las mediciones fueron realizadas in situ. Sin embargo, se trató de evitar lo mencionado con el fin de asegurar un nivel aceptable de confiabilidad en los datos obtenidos en campo.

1.7.Objetivos

1.7.1. Objetivo general:

- Determinar si los valores del aislamiento acústico de los sistemas constructivos de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, son inferiores a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

1.7.2. Objetivos específicos:

- Determinar si los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, son inferiores a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Determinar si los valores del aislamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de concreto de la región de Cajamarca medidos

in situ mediante la normativa ISO 16283, son inferiores a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

- Determinar si los valores del aislamiento acústico de los muros de concreto de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, son inferiores a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Determinar si los valores del aislamiento acústico de las losas aligeradas de la región de Cajamarca medidos in situ mediante la normativa ISO 16283, son inferiores a los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales:

Martínez Briseño (2023), en su tesis titulada “Arquitectura para zonas de alto nivel de ruido urbano”, tuvo por objetivo poder caracterizar el aislamiento acústico de distintos elementos constructivos aplicando la norma ISO 16283, la cual establece procedimientos utilizados para la medición in situ del aislamiento acústico frente al ruido aéreo entre recintos y de fachadas. El estudio fue realizado en dos etapas, en la primera se evaluaron diversos prototipos de muros contruidos con bloques de concreto multi perforado en un laboratorio, y en la segunda etapa, se aplicaron las mismas metodologías en aulas universitarias, utilizando un sonómetro de clase 1 para las mediciones, siguiendo los criterios estipulados por la normativa ISO 717. Como resultado final, se obtuvieron valores de aislamiento acústico que fueron comparados con estándares internacionales, evidenciando diferencias atribuibles tanto a las condiciones constructivas como a las características acústicas del entorno real, permitiendo validar la aplicabilidad de los métodos normativos en contextos académicos y constructivos locales.

Niampira y Zamora (2019), en su estudio que llevó por título “Comportamiento acústico de una fachada ventilada ligera en el caso de la rehabilitación de edificios: análisis del impacto de las variaciones en el aislamiento acústico aéreo, obtenido según las características de la ventilación” se examinó el impacto que tienen las características de ventilación en el aislamiento acústico de las fachadas ventiladas ligeras usadas en la restitución de las edificaciones, con el objetivo de valorar cómo los cambios en la ventilación de la cámara de aire intermedia de las fachadas cambian su rendimiento acústico. Para llevar a cabo ello se hicieron una serie pruebas in situ en la Escuela

Técnica Superior de Arquitectura del Valle, empleando una serie de configuraciones de ventilación, materiales absorbentes y diseños de hojas exteriores, siguiendo del mismo modo distintas normativas internacionales referentes a la medición acústica como la ISO 16283 y la ISO 717. Los resultados que se obtuvieron mostraron que las estructuras mejoraron el aislamiento acústico de las paredes, con incrementos en su intensidad de hasta 7 dB, y que la ventilación de la cámara de aire no interfiere a gran escala en el rendimiento acústico en comparación con otro tipo de cámaras no ventiladas. Se tuvo por conclusión que, las estructuras estudiadas son una solución eficiente para mejorar el aislamiento acústico en la rehabilitación de edificios.

Zaldumbide (2018), en una tesis titulada “Evaluación del aislamiento acústico de materiales constructivos de un edificio residencial de la ciudad de Quito” tuvo como objetivo principal poder estudiar el desempeño acústico de un edificio residencial mediante la realización de 12 ensayos de la medición de aislamiento acústico con respecto al ruido aéreo, de impacto y de fachada, aplicando las normativas ISO 16283-1, ISO 16283-2 e ISO 16283-3. realizando mediciones en el edificio Goya a través de equipos especializados para sonometría y evaluando el cumplimiento de los requisitos acústicos establecidos para las edificaciones residenciales según las normas estudiadas. Los resultados obtenidos revelaron que solo hubo un 41% de ensayos que cumplieron con las normativas, mostrando así un incumplimiento de las normas en más de la mitad de las pruebas realizadas. Se llegó a la conclusión que, el presente estudio demostró que el edificio analizado no satisface los estándares acústicos requeridos para su funcionalidad, destacando la importancia de mejorar el tipo de materiales y los sistemas constructivos utilizados para garantizar un adecuado aislamiento acústico en las edificaciones urbanas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huamán Quinallata (2022) en su investigación que llevo por título “Evaluación y control del ruido ocupacional mediante un modelo de aislamiento acústico en una planta industrial de fabricación de adoquines, Arequipa – 2022”, tuvo por objetivo realizar la evaluación de la eficacia de un modelo de aislamiento acústico para poder reducir el nivel de ruido ocupacional generado por una máquina de fabricación de adoquines. Esta investigación presentó un enfoque mixto, alcance descriptivo y diseño experimental. Se utilizó la sonometría y la dosimetría, teniendo como instrumentos el sonómetro y el dosímetro, instrumentos que permitieron medir el nivel de ruido ocupacional presente en los puestos de trabajo que fueron considerados en la investigación. Los resultados obtenidos con la implementación del modelo de aislamiento acústico fue la reducción del ruido en 6.74 dB, demostrando la eficacia del modelo implementado.

2.1.3. Antecedentes locales

No se evidencian publicaciones locales hasta el momento.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El sonido

El sonido es un fenómeno de carácter físico que viene a estar dado por el resultado del movimiento vibratorio que realiza un cuerpo (fuente del sonido), generando la alteración mecánica de las moléculas de un medio elástico ya sea de características sólidas, líquidas o gaseosas, como por ejemplo el aire que es producido por la fuente del sonido. Las vibraciones generadas por el cuerpo que produce el sonido se propagan por el medio pertinente a través de ondas sonoras, las cuales son capaces de provocar la sensación auditiva en un ser vivo a través del sentido del oído, recalando

que en la propagación del sonido a través del medio elástico solo existe un transporte de energía, más no de materia alguna (Palmese & Carles, 2023).

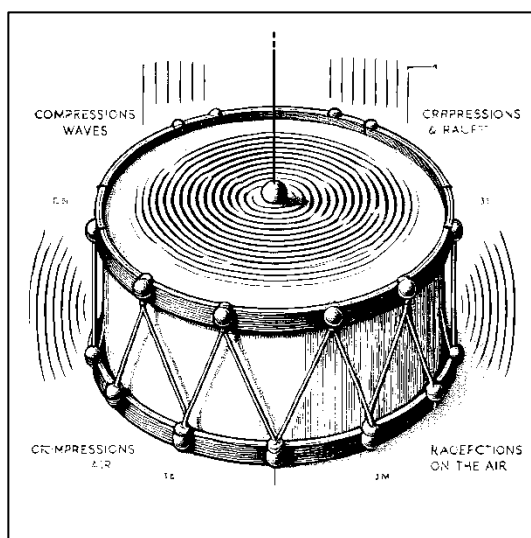


Figura 1. Compresión y dilatación de las partículas de aire.

Nota. Imagen recopilada de “Conceptos básicos de la ciencia del sonido en el mar” (2023), por Campo Valera, Rodríguez Rodríguez, & Rodríguez Rodríguez.

2.2.2. La propagación del sonido

La propagación del sonido viene a estar dado por los movimientos que realizan las ondas sonoras a través de un medio elástico, ondas generadas por la vibración de un elemento denominado fuente sonora. La vibración en mención es transmitida a las diversas partículas de aire adyacentes al fenómeno acústico y estas a su vez la transmiten a nuevas partículas aledañas. Estas partículas no se mueven con la perturbación generada, sino que sencillamente fluctúan alrededor de su posición de equilibrio (Palmese & Carles, 2023).

Para que el sonido se pueda propagar deben de ocurrir dos procesos, en primer lugar, la compresión, fase en la cual las partículas del medio se encuentran más unidas aumentando la presión, y la segunda fase es la rarefacción, donde las partículas se encuentran más separadas una de otra, y esto provoca que la presión disminuya (Palmese & Carles, 2023).

Un claro ejemplo de esto es el sonido que se genera al tocar un simple tambor, en donde el tambor es considerado como la fuente sonora. Al golpear con un mazo o una baqueta sobre la membrana del instrumento se genera una oscilación, cuando esta membrana sufre un movimiento hacia afuera, las partículas de aire que se encuentran próximas a la superficie de la membrana van acumulándose creando una zona de compresión, mientras que cuando la membrana se mueve en la otra dirección, las partículas se separan, lo cual genera una zona de dilatación (Palmese & Carles, 2023).

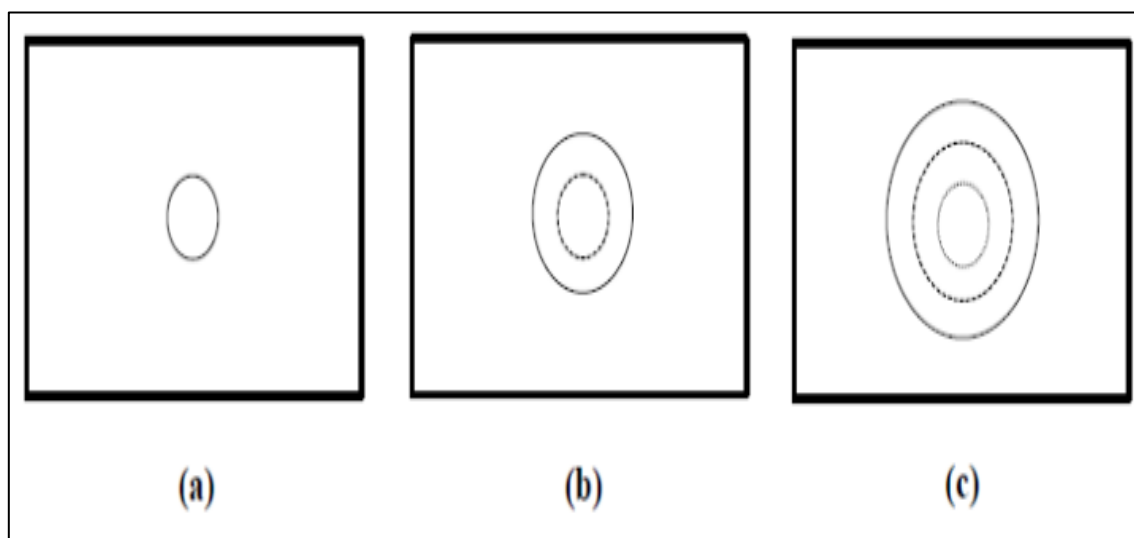


Figura 2. Propagación de una onda sonora a través de un medio elástico.

Nota. Imagen recopilada de “Acústica y Fundamentos del Sonido” (2020) , por Cabrera Ortiz.

2.2.3. Características del sonido

2.2.3.1. Frecuencia del sonido.

La frecuencia del sonido es una característica esencial que hace referencia al número de ciclos u oscilaciones que una onda sonora puede completar en un segundo. Esta característica se mide en Hertz (Hz), el cual es equivalente a un ciclo por segundo. La frecuencia se encarga de determinar la tonalidad del sonido. Entre existan más ciclos por intervalos de un segundo, más agudo llega a ser el tono del sonido. El ser humano es capaz de percibir un rango de frecuencias que van desde los 20 Hz hasta los 20 KHz,

rango de frecuencias conocidas como sonidos audibles. Las frecuencias que son menores a los 20 Hz son denominados infrasonidos, los cuales no son audibles, pero se pueden sentir en forma de vibraciones físicas (frecuencias generadas por terremotos y explosiones volcánicas). Por otra parte, los ultrasonidos son aquellos que poseen frecuencias mayores a los 20 KHz, los cuales son aplicados en las tecnologías modernas para llevar a cabo diferentes tareas por ejemplo en el área de la medicina. El ser humano es capaz de percibir estas vibraciones, ya que, al ser captadas por nuestros oídos, se transforman en señales eléctricas que son entendidas por el cerebro humano (Balbotín, 2023).

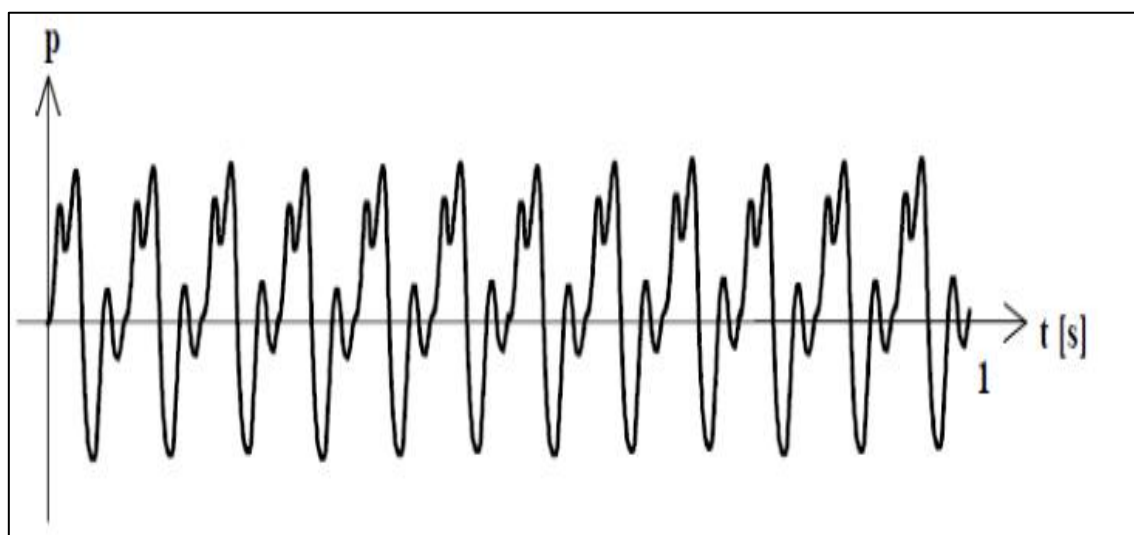


Figura 3. Oscilación de frecuencias a 1 Hz.

Nota. Imagen recopilada de “Acústica y Fundamentos del Sonido” (2020) , por Cabrera Ortiz.

2.2.3.2. Amplitud del sonido.

Se define como amplitud del sonido a la cantidad de presión sonora que ejercen las vibraciones en el medio elástico por el cual se transportan. De manera física se puede entender que la amplitud se refiere al desplazamiento máximo que tienen las partículas que se encuentran en el medio desde su posición de equilibrio a causa de la propagación de la onda sonora. La amplitud del sonido establece la energía que posee una señal

sonora. Si bien se entiende que, a una mayor amplitud del sonido, la fuerza con la que se escucha es mayor, no se debe de confundir este concepto con el volumen o la denominada potencia acústica (Balbotín, 2023).

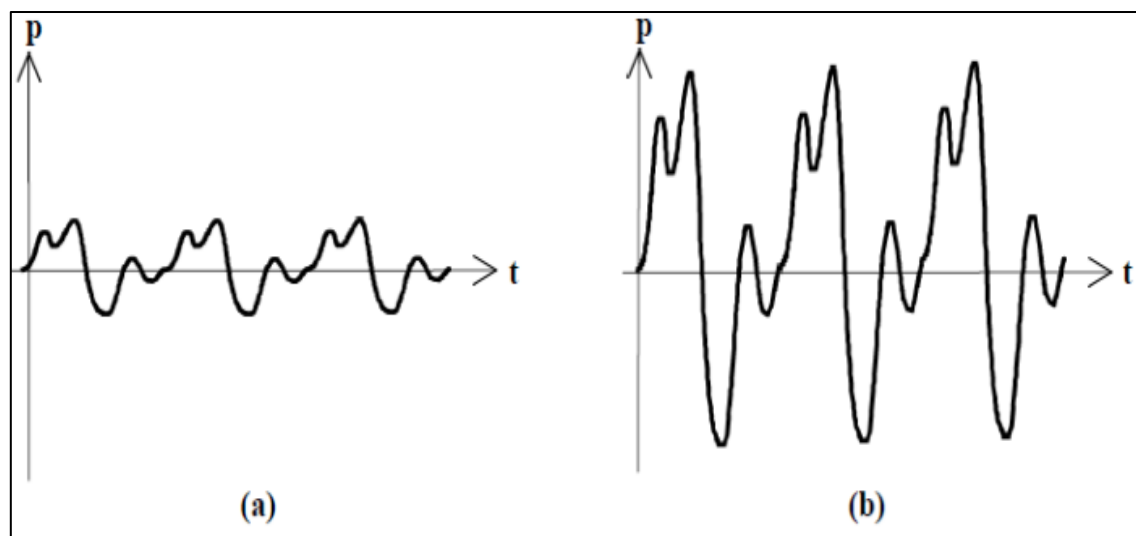


Figura 4. Amplitud de una onda sonora.

Nota. Imagen recopilada de “Acústica y Fundamentos del Sonido” (2020) , por Cabrera Ortiz.

2.2.4. Fenomenología del sonido

2.2.4.1. La reflexión y la transmisión del sonido.

Hablamos sobre reflexión del sonido cuando nos referimos al fenómeno donde una onda sonora incide sobre una superficie y parte de la energía de la onda sonora es redirigida en una dirección específica al medio original por el cual se transportó. Las ondas sonoras que son reflejadas siguen la denominada ley de reflexión, la cual indica que el ángulo de incidencia de la onda sonora es el mismo ángulo con el cual estas se reflejan. Se debe entender que la reflexión del sonido depende de la superficie con la cual las ondas sonoras interactúan, por ejemplo, superficies de carácter duro y liso como el vidrio y el concreto, son muy eficientes al momento de reflejar ondas sonoras, sin embargo, las superficies de características blandas o rugosas como alfombras o paneles

acústicos, absorben parte de la energía sonora recibida, reduciendo la energía reflejada (Zhao, 2009).

Y al referirse a la transmisión del sonido hablamos del proceso mediante el cual una onda sonora puede atravesar un límite entre dos medios distintos. Cuando esto ocurre, parte de la energía de la onda sonora atraviesa hacia el segundo medio, mientras que la otra parte de la energía se absorbe o se refleja dependiendo de las características físicas del medio donde se mueven las ondas sonoras (Zhao, 2009).

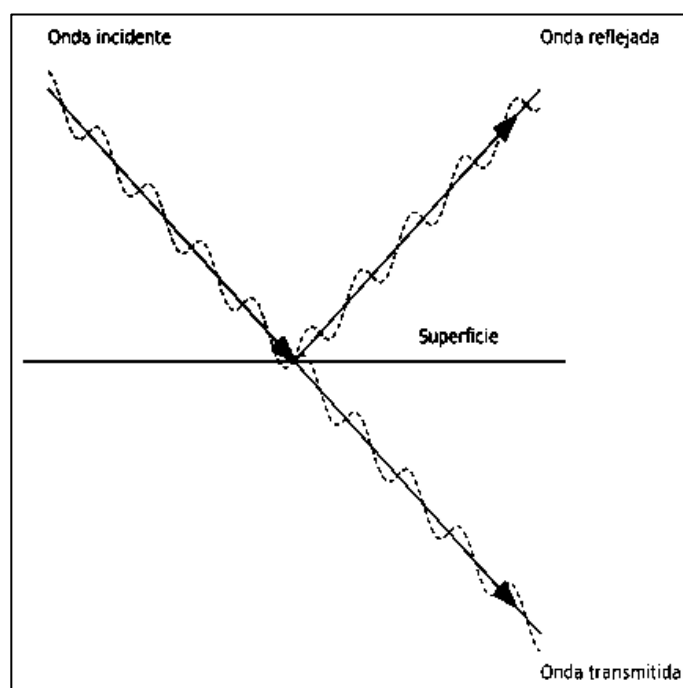


Figura 5. Reflexión y transmisión de ondas sonoras a través de una superficie.

Nota. Imagen recopilada de “Acústica y Fundamentos del Sonido” (2020) , por Cabrera Ortiz.

2.2.4.2. Difracción del sonido.

La difracción del sonido es aquel fenómeno que se origina cuando una onda sonora halla en su trayectoria un obstáculo o pasa a través de una abertura, tomando otro rumbo a la de su trayectoria de origen y propagándose hacia distintas zonas que no se encuentra en la misma dirección que la fuente sonora. El grado de difracción del sonido es dependiente de la relación existente entre la longitud de la onda sonora y el tamaño

de la abertura u obstáculo, es decir, que cuando la longitud de la onda de sonido es comparable o mayor al tamaño de la abertura, la difracción tiene un carácter más significativo, en cambio cuando pasa todo lo contrario, la onda sonora tiene el comportamiento de un rayo rectilíneo y existe una menor difracción (Beristaín, 2012).

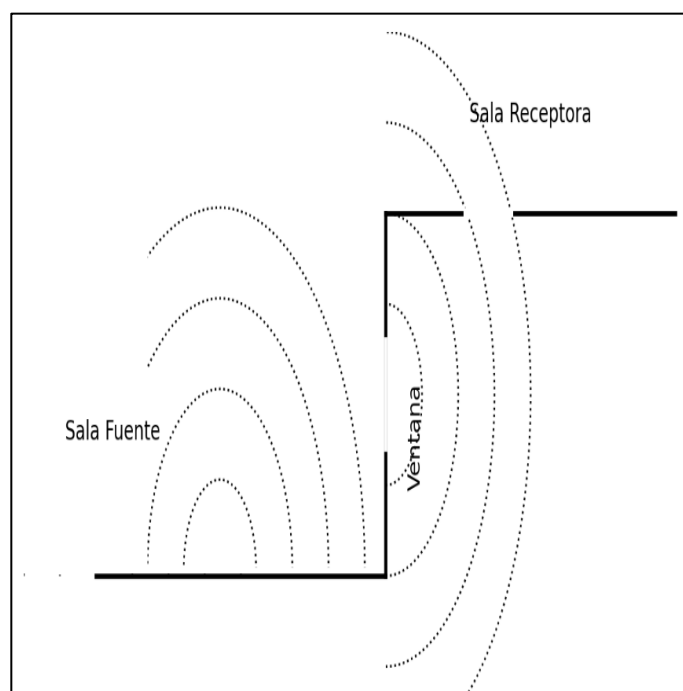


Figura 6. *Difracción de ondas sonoras.*

Nota. Imagen recopilada de “Acústica Arquitectónica” (2012), por Beristaín.

2.2.4.3. Absorción del sonido.

La absorción del sonido es el fenómeno mediante el cual se produce una reducción de la energía sonora, a consecuencia de la disipación de esta energía en forma de calor cuando es absorbida por el medio que la onda sonora atraviesa. La variación de la energía va a depender de la intensidad de la onda sonora, de la distancia recorrida por la onda y de las características de medio de propagación (Segura Alcaraz, Crespo Amoros, Julia Sanchis, Nadal Gisbert, & Gadea Borrell, 2013).

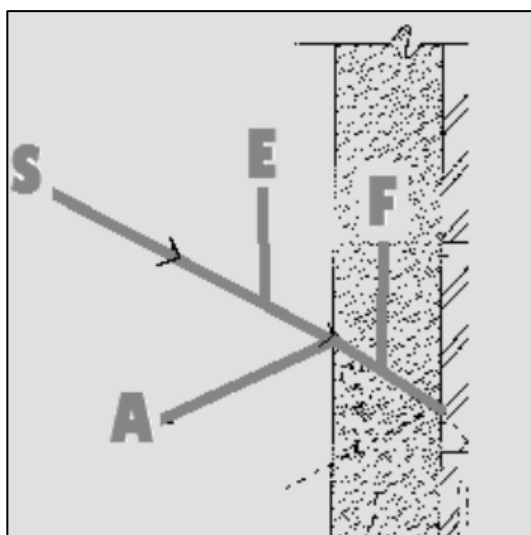


Figura 7. *Absorción de ondas sonoras.*

Nota. Imagen recopilada de “Acústica y Fundamentos del Sonido” (2020) , por Cabrera Ortiz.

2.2.5. La acústica arquitectónica

La acústica arquitectónica es una de las ramas de la acústica que se encarga de estudiar, diseñar, construir y evaluar los espacios arquitectónicos para garantizar una calidad sonora adecuada dentro de las edificaciones. Esta disciplina tiene como principal objetivo tener un control exhaustivo del comportamiento del sonido en cualquier entorno construido, tratando de optimizar diferentes aspectos tales como la claridad del sonido, su distribución uniforme, el aislamiento acústico y las reducciones del ruido (Artigos, 2024).

2.2.5.1. Acondicionamiento acústico.

2.2.5.1.1. La reverberación.

La reverberación es un tipo de fenómeno acústico que se describe como la capacidad del sonido de permanecer dentro de un recinto a pesar de que la fuente sonora haya parado su emisión. Este efecto de permanencia del sonido ocurre gracias a las múltiples reflexiones de las ondas sonoras en las distintas superficies de un ambiente, como, por ejemplo, paredes, suelos y techos. Los sonidos reflectados se mezclan con el

sonido directo que sale de la fuente emisora, lo cual hace que su duración se vaya prolongando y se dé la percepción del incremento de su permanencia en el recinto (Pérez Mora & Fernández Pérez, 2024).

La reverberación es importante ya que de ella depende la funcionalidad acústica de un ambiente, por ejemplo, en una sala de conciertos o grabación de sonido, una reverberación óptima brinda una experiencia auditiva buena, ya que proporciona profundidad y calidez al sonido. Y por otro lado en lugares como oficinas o aulas, un tiempo de reverberación excesivo ocasionaría la disminución de la inteligibilidad del habla, haciendo difícil el entendimiento de las palabras (Pérez Mora & Fernández Pérez, 2024).

2.2.5.1.2. El tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación (RT60) es aquel tiempo que toma que el sonido pueda reducirse a una millonésima parte de su energía originaria, lo que es equivalente a una disminución de 60 decibelios, todo esto después de que la fuente sonora se detuvo. Mediante este parámetro se puede determinar el comportamiento del sonido en un ambiente cerrado y como se afecta la percepción acústica dentro de este (Pérez Mora & Fernández Pérez, 2024).

Wallace Clement Sabine desarrolló la fórmula con la que comúnmente se calcula el tiempo de reverberación:

$$RT_{60} = \frac{0.161 * V}{A} \quad \text{(Ecuación 01)}$$

Donde:

RT₆₀ : Tiempo de reverberación. (en segundos)

V : Volumen del espacio (en metros cúbicos)

A : Área total de absorción acústica. (en m/s)

$$A = \sum (S * \alpha) \quad (\text{Ecuación 02})$$

Donde:

S : Superficies del recinto. (en metros cuadrados)

α : Coeficientes de absorción

A : Área total de absorción acústica. (en m/s)

2.2.5.2. Aislamiento acústico.

2.2.5.2.1. Definición del aislamiento acústico.

El aislamiento acústico está definido como aquel grupo de medidas empleadas para la protección de un ambiente contra la penetración de sonidos que interfieran con las señales sonoras requeridas. El objetivo que tiene es el de impedir que el ruido externo penetre en el interior de los recintos o que los sonidos internos se propaguen entre áreas adyacentes. Para determinar las distintas formas en que se pueden proteger los recintos contra el ruido, en primer lugar, se debe buscar la naturaleza de estos ruidos y del mismo modo aquellos caminos que utilizan para penetrar en el ambiente, como por ejemplo las vías aéreas o las mismas vibraciones de los materiales (Tejeda & Moreno, 2005).

2.2.5.2.2. Ruido.

En términos generales el ruido es definido como un sonido no deseado, nocivo o fastidioso que interfiere con diferentes actividades humanas, con la comunicación entre las personas o el bienestar general. Es así que el ruido acústico está definido como aquel sonido producido por una mezcla de ondas sonoras que poseen diferentes frecuencias y amplitudes. El ruido tiene una característica importante la cual es su intensidad, esta es medida en decibelios (dB). Estos niveles pueden ser elevados, los cuales generan daños irreparables en el sistema auditivo cuando las exposiciones a estos son prolongadas, así como también puede tener niveles bajos, puede ser continuo, como

es el caso del tráfico vehicular, o pueden ser impulsivos, como el ruido que genera un rotomartillo en funcionamiento (Ede C, Lesvia Perez, & Celso E., 2014).

Existen tres tipos de ruidos que afectan el aislamiento acústico:

- **El ruido aéreo**, que es aquel que transmite el sonido a través del aire, como por ejemplo las voces de personas, la música en volúmenes altos o el tráfico vehicular.
- **El ruido de impacto**, que es aquel que es generado por vibraciones o golpes, ejemplo de estos son los pasos, el arrastre de algún tipo de mueble o las maquinarias en funcionamiento.
- **El ruido estructural**, que es aquel que se transmite a través de las estructuras de una edificación, como es el caso del ruido generado por los sistemas de ventilación, las cañerías al transportar fluidos o los ascensores.

2.2.5.2.3. Nivel de presión sonora

El nivel de presión sonora (SPL) es una medida que es usada en la acústica para dar un valor a la intensidad de un sonido en términos de la presión que este genera sobre el medio por el cual se propaga. La escala de presiones a las que el oído del ser humano puede responder es sumamente amplia, es decir la presión sonora más débil que puede ser percibida por el sentido del oído de las personas a la frecuencia de 1 kHz es de 2×10^{-5} Pa, y este rango se amplía hasta la presión que se encuentra en el umbral del dolor del sentido del oído, la cual es de 100 Pa. Debido a que el oído humano responde a los estímulos recibidos de forma logarítmica, para representar la presión sonora se utiliza también una escala logarítmica, escala que permite operar una amplia gama de intensidades sonoras que el sentido del oído humano puede detectar. Esta escala está expresada en valores relativos a un valor referencial, el cual es la presión más baja que

pueda ser detectada por el sentido del oído. Es por ello que se mide en decibelios (dB) (OSMAN, 2009).

La fórmula que se utiliza para poder calcular el nivel de presión sonora es:

$$SLP = 20 * \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad (\text{Ecuación 03})$$

Donde:

SPL : Nivel de presión sonora. (en decibeles)

p : Presión sonora medida (en pascales)

p₀ : Presión sonora de referencia (2 x 10⁻⁵ Pa)

Como ya se hizo mención la escala de la presión sonora es logarítmica, a lo que se entiende que un incremento de 10 dB hace representación de un aumento de la presión sonora percibida de 10 veces.

Tabla 1. *Niveles de presión sonora.*

Medida en decibelios	Característica
0 dB	Umbral de audición
20 dB	Susurros
40 dB	Una conversación tranquila
60 dB	Una conversación normal
80 dB	Tráfico Intenso
100 dB	Música alta en un concierto
120 dB	Umbral del dolor del oído humano
140 dB	Despegue de un avión

Nota. Tabla recopilada de “Ruido y Salud” (2009), por el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía.

2.2.5.2.4. Red de ponderación A.

La red de ponderación A es un sistema que se utiliza en la acústica para medir y evaluar los niveles de presión sonora, pero teniendo en consideración como el sentido del oído humano percibe las frecuencias del sonido. Esto debido a que la percepción del oído humano es un fenómeno complejo y no responde de la misma manera a todas las frecuencias, siendo más sensibles para frecuencias que se encuentran entre los 500 Hz y los 4 kHz. Es por ello que la red de ponderación A se encarga de aplicar un filtro que ajusta todas las mediciones de presión sonora según esta sensibilidad particular, y de esta forma no se dará la misma importancia a todas las frecuencias, en especial a aquellas que el oído humano apenas puede percibir, ya sean por ser muy altas o muy bajas (Echeverri Londoño & González Fernández, 2019).

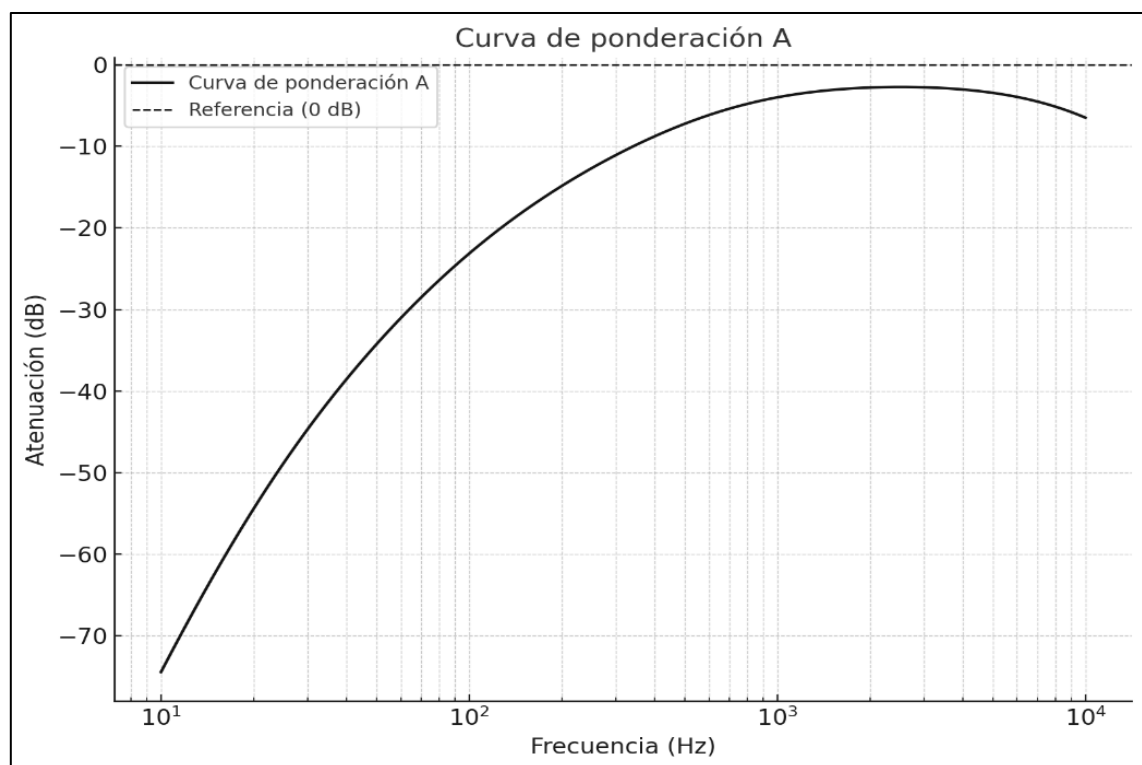


Figura 8. Curva de ponderación A.

Nota. Imagen recopilada de “Redes de ponderación acústica” (2010) , por Casado García.

2.2.5.2.5. *El sonómetro.*

El sonómetro viene a ser un instrumento que es usado para medir el nivel de presión sonora en un ambiente, ya que esta creado para responder al sonido de la misma forma que lo hace el sentido del oído de las personas. En otras palabras, el sonómetro es utilizado para medir el ruido existente en un entorno y trabaja en decibeles (Beranek, 1992).

El proceso que utilizan los sonómetros para medir los niveles de presión sonora comienza con la captura del sonido, la cual es ejecutada por un micrófono que detecta las ondas sonoras del entorno que se desea analizar, de forma usual estos micrófonos utilizados son del tipo condensador. El micrófono posteriormente se encarga de convertir las vibraciones del aire captadas en señales eléctricas las cuales son proporcionales a la presión sonora. Seguidamente, las señales eléctricas son procesadas mediante un amplificador ya que las señales generadas por el micrófono son muy endebles y se necesita amplificarlas para que puedan ser procesadas posteriormente. A continuación, la señal que ha sido amplificada pasa por los filtros de ponderación frecuencial, filtros que tienen la función de ajustar la sensibilidad del instrumento según como el oído humano pueda percibir la variedad de frecuencias. Estos filtros pueden ser de ponderación A (simula la sensibilidad del oído humano a intensidades bajas del sonido), de ponderación C (para sonidos intensos o de bajas frecuencias) o la ponderación Z, el cual puede medir la totalidad del espectro de frecuencias sin realizar algún tipo de ajuste. De forma consecutiva, la señal de carácter analógica es transformada en datos digitales a través de un ADC (convertidor analógico – digital), para que la señal sea procesada matemáticamente por el sonómetro. Las señales digitalizadas pasan a la unidad de procesamiento, donde se calculan los distintos parámetros que nos brindará el sonómetro. Estos parámetros pueden ser el nivel de

presión sonora (SPL), el nivel equivalente (Leq), los picos (Lmax) y mínimos (Lmin) registrados. Además de ello el equipo permite seleccionar distintos tiempos de respuesta como el “Fast” (promedios en 125 ms) o el “Slow” (promedios en 1 segundo), lo cual serviría para poder adecuar las mediciones para distintos fines. Finalmente, estos datos calculados son plasmados en la pantalla digital de los equipos, en su forma más común en decibeles. Algunos equipos permiten acumular las mediciones realizadas en su memoria interna para poder exportarlas o analizarlas mediante otro tipo de softwares (Beranek, 1992).

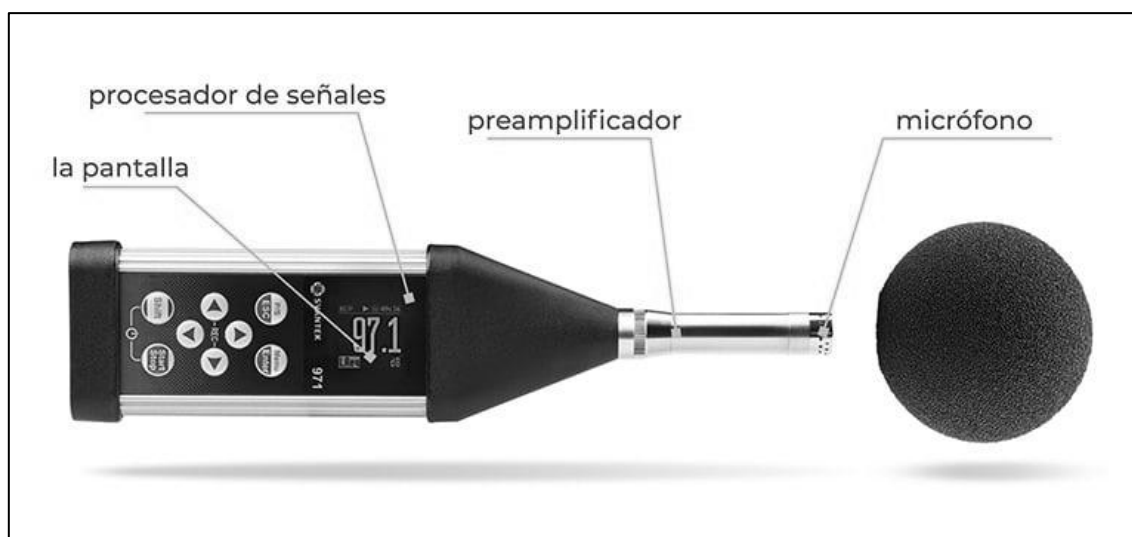


Figura 9. Partes de un sonómetro.

Nota. Imagen recopilada de “Guía de uso del sonómetro SC420” (Cesva Instruments).

En cuanto a la precisión que brindan los sonómetros, estos se clasifican en sonómetros de Clase 1, los cuales son utilizados para estudios profesionales y científicos que tienen la necesidad de tener resultados con un grado de exactitud alta, para lo que estos equipos ofrecen una tolerancia a sus mediciones de ± 1 dB. Por otra parte, los sonómetros Clase 2, presentan una tolerancia a sus mediciones de ± 2 dB y tienen la característica de ser más económicos y son utilizados cuando se requiere hacer inspecciones preliminares que no requieren gran exactitud. También pueden clasificarse

por su funcionalidad, el tipo de ponderación, su diseño, su aplicación, la tecnología adicional, entre otras características (Beranek, 1992).

2.2.6. Normativas

Las normativas para medir aislamiento acústico instauran aquellos procedimientos que se emplean para evaluar la capacidad que tienen los elementos constructivos para disminuir la transmisión del sonido. Esta clase de normativas son fundamentales para poder cumplir con las exigencias mínimas de comodidad acústica, de diseño arquitectónico y de regulación legal (Carrion, 1998).

2.2.6.1. Normativas internacionales.

2.2.6.1.1. ISO 16283.

Es una norma generada por la Organización Internacional de Normalización que instaure aquella metodología utilizada para medir el aislamiento acústico en las edificaciones y sus elementos constructivos directamente en campo (in situ). La norma se encuentra compuesta por tres partes (International Organization for Standardization - ISO 16283, 2016).

La primera parte es la ISO 16283 - 1, que se encarga de establecer todos los procedimientos que se tienen que llevar a cabo para medir el aislamiento acústico aéreo entre distintos recintos de un mismo edificio, evaluando la reducción del ruido entre el espacio emisor y el receptor a través de mediciones de niveles de presión sonora y tiempo de reverberación (International Organization for Standardization - ISO 16283, 2016).

La segunda parte es la ISO 16283 - 2, la cual se encuentra enfocada en medir el aislamiento acústico al impacto, haciendo uso de un martillo estandarizado para simular los golpes y medir la transmisión de ruido en pisos y en techos (International Organization for Standardization - ISO 16283, 2016).

Y la tercera parte es la ISO 16283 - 3, la cual brinda los lineamientos que pueden ser utilizados para medir el aislamiento acústico de las fachadas frente al ruido exterior generado, usando ya sea fuentes de sonido de carácter artificial mediante la utilización de altavoces o usando el ruido ambiental como el tráfico vehicular. (International Organization for Standardization - ISO 16283, 2016).

La normativa permite obtener índices de rendimiento acústico ponderado, como es el caso del índice de reducción sonora aparente, teniendo en cuenta la variabilidad del ambiente, así como también la interacción de los elementos constructivos (International Organization for Standardization - ISO 16283, 2016).

La normativa ISO 16283 proporcionó las fórmulas utilizadas para el cálculo del nivel de presión sonora tanto interno como externo. Estas expresiones matemáticas y el procedimiento del cálculo de los valores requeridos para la investigación se encuentran detalladas en el Capítulo III: Materiales y Métodos, correspondiente al marco metodológico del presente estudio.

2.2.6.1.2. ISO 717.

Es una norma generada por la Organización Internacional de Normalización que instaure aquella metodología que es usada para calcular y evaluar los niveles de aislamiento acústico que distintos sistemas y elementos constructivos ofrecen frente al ruido aéreo generado por distintos factores como es el caso del tráfico vehicular. Esta normativa define diferentes índices globales como el R_w (índice ponderado de reducción sonora), el $D_{n,w}$ (diferencia de nivel normalizada) y el $D_{nT,w}$ (diferencia de nivel estandarizada), valores que permiten dar características a las propiedades acústicas de los elementos constructivos en distintos contextos. De igual manera la norma habla sobre los términos de adaptación espectral (C y C_{tr}) que sirven para ajustar los resultados obtenidos según el tipo de ruido. La normativa en mención agrupa las

distintas mediciones realizadas en las bandas de frecuencias transformándolas en valores únicos y de esta manera hacer posible la comparación entre materiales y construcciones, así como también la evaluación del cumplimiento de las exigencias normativas. La normativa en mención tiene características robustas y aceptadas para el estudio del aislamiento acústico, sin embargo, siempre es importante complementar su aplicación con otras normativas (International Organization for Standardization - ISO 717, 2013).

La normativa ISO 717 proporcionó las fórmulas utilizadas para el cálculo del índice de reducción sonora de los sistemas constructivos analizados. Estas expresiones matemáticas y el procedimiento del cálculo de las variables requeridas para la investigación se encuentran detalladas en el Capítulo III: Materiales y Métodos, correspondiente al marco metodológico del presente estudio.

2.2.6.1.3. NCh 352.

Emitida por el Instituto Nacional de Normalización (INN) de Chile, la cual se encarga de establecer los requisitos mínimos de aislamiento acústico para edificaciones de uso habitacional. La aplicación de esta norma se orienta en garantizar las condiciones mínimas de confort sonoro en los recintos habitables frente al ruido aéreo, tanto entre unidades interiores como frente al entorno exterior. Los valores mínimos del índice de reducción sonora (R_w) estipulados por la norma fueron obtenidos mediante mediciones in situ según procedimientos compatibles con la normativa internacional ISO 16283. La NCh 352 se fundamenta en estándares internacionales como la ISO 717, lo que le otorga validez técnica como una referencia comparativa en estudios realizados en otros contextos (Instituto Nacional de Normalización, 2000).

Tabla 2. Valores mínimos de R_w según normativa NCh 352.

Parámetro	Emisor	Tipo de sistema constructivo	NED	Requisitos
A	Exterior	Dormitorios o estar (recinto más expuesto)	< 60	20
			61 - 65	25
			66 - 70	30
			71 - 75	35
			>75	NED - 40
B	Vivienda Contigua	Dormitorios o estar (recinto más expuesto)	n.a.	Aislación Min. 45
C	Instalaciones Sanitarias y Mecánicas Externas	Dormitorios o estar (recinto más expuesto)	n.a.	Aislación Min. 40
D	Pasillo y Escalera	Dormitorios o estar (recinto más expuesto)	n.a.	Aislación Min. 30

A: Ruido proveniente del medio ambiente exterior.

B: Ruido proveniente de construcciones contiguas.

C: Ruido proveniente de instalaciones sanitarias y mecánicas externas a la vivienda que se evalúa.

D: Ruido proveniente de áreas comunes.

Nota. Tabla recopilada de la normativa NCh 352 (2000).

2.2.7. Sistemas constructivos

2.2.7.1. Definición de un sistema constructivo.

Los sistemas constructivos vienen a ser un conjunto de procedimientos, materiales, técnicas, herramientas y principios estructurales que son utilizados para construir una infraestructura, con el principal objetivo de garantizar la funcionalidad, la seguridad, la resistencia, la adaptabilidad y la estética de una edificación. Visto desde una perspectiva abarcadora los sistemas constructivos buscan optimizar los recursos utilizados para su ensamblaje a través de una determinada metodología, cumplir con las normativas preestablecidas para construcción y satisfacer las necesidades específicas de los proyectos en los cuales van a ser utilizados (Barros & Sarabia, 2016).

2.2.8. Muros de mampostería con bloques de arcilla

Los muros de mampostería compuestos por bloques de arcillas son estructuras de carácter fundamental en las construcciones actuales, utilizados para cumplir funciones estructurales soportando cargas de la edificación y transmitiéndolas a los cimientos mediante los denominados muros portantes, así como también funciones arquitectónicas al tener la función de dividir espacios dentro de las edificaciones. Estos muros están compuestos por bloques o ladrillos de arcilla cocida, unidos mediante una mezcla de cemento, arena y agua denominado mortero, y son valorados en la construcción por su resistencia, durabilidad y estética (Ruiz García, 2009).

2.2.8.1. Bloques o ladrillos de arcilla.

Los bloques o ladrillos de arcilla cocida son materiales de construcción que están fabricados con arcilla la cual es moldeada en bloques, que posteriormente son sometidos a un proceso de cocción a elevadas temperaturas con la finalidad de aumentar tanto su durabilidad como su resistencia. Este tipo de bloques o ladrillos son utilizados de forma

común en la construcción de muros, tabiques y un sinfín de estructuras arquitectónicas debido a sus distintas propiedades (Ruiz García, 2009).

2.2.9. Muros de mampostería con bloques de concreto

Los muros de mampostería con bloques de concreto son estructuras que son construidas a partir de bloques o ladrillos prefabricados a base de concreto, los cuales son unidos mediante una mezcla de cemento, arena y agua denominada mortero. Al igual que los muros de mampostería hechos a base de bloques de arcilla, estos también son utilizados de forma amplia debido a la resistencia, durabilidad y versatilidad que estos poseen, utilizándose tanto en la construcción de muros portantes, no portantes, en muros divisorios y fachadas, sin embargo, cuando se trata de obtener rapidez y economía al momento de edificar, esto son los más adecuados (Afanador García, Guerrero Gómez, & Monroy Sepúlveda, 2012).

2.2.9.1. Bloques o ladrillos de concreto.

Los bloques o ladrillos de concreto son aquellos elementos constructivos que han sido elaborados a base de una mezcla de cemento, arena, grava y agua, los cuales han sido diseñados principalmente para ofrecer una alta resistencia, durabilidad y versatilidad en distintas aplicaciones en el ámbito de la construcción. Son elaborados de formas macizas o huecas, permitiendo gracias a su tamaño, agilizar el proceso constructivo, sin embargo, siempre requieren una mano de obra calificada para los revestimientos con el fin de mejorar su acabado estético. Esta clase de ladrillos son ideales para ser utilizados en la construcción de muros de carácter estructural y divisorios, convirtiéndose en una opción más económica y sostenible en los proyectos residenciales, comerciales o industriales (Afanador García, Guerrero Gómez, & Monroy Sepúlveda, 2012).

2.2.10. Muros de concreto

Los muros de concreto vienen a ser aquellos elementos constructivos de carácter robusto y versátil que son fabricados ya sea con concreto simple o con concreto reforzado con acero de construcción, los cuales han sido diseñados principalmente para soportar cargas estructurales y en un menor uso para dividir espacios en edificaciones. Esta clase de muros destacan por su gran capacidad de resistencia a los esfuerzos de compresión a los cuales son sometidos, a su gran durabilidad frente a diversas condiciones climáticas adversas, y sus moderadas propiedades de aislamiento tanto térmico como acústico que pueden ser mejoradas mediante el uso de recubrimientos. Estos elementos son utilizados de forma principal en la construcción de muros portantes, muros de contención, cerramientos exteriores y estructuras sismorresistentes, sin embargo, su construcción puede ser más costosa y laboriosa en comparación con otros tipos de materiales (Carrillo, Alcocer, & González, 2012).

2.2.11. Losas aligeradas

Las losas aligeradas son aquellos elementos estructurales que están constituidos tanto de concreto armado como también de materiales de características ligeras como, por ejemplo, casetones de poliestireno, bloques de ladrillo o plástico, entre otros materiales, que tienen la función de reducir su peso sin comprometer su resistencia y su capacidad de carga. Esta clase de losas son ideales para poder ahorrar materiales como el concreto y el acero al momento de la construcción, y del mismo modo, se encargan de disminuir las cargas sobre las estructuras que las soportan y sobre la cimentación. También dan la posibilidad de poder cubrir mayores luces sin la necesidad de colocar en la parte intermedia columnas de refuerzo, optimizando así, el diseño arquitectónico y los costos de construcción (Mendoca, Urgessa, & Rocco, 2018).

2.3. Marco conceptual

A continuación, se presenta los conceptos de todos los términos relevantes y utilizados en la investigación y el procesamiento de datos:

- **Aislamiento acústico:** hace referencia al conjunto de técnicas, materiales y tecnologías que fueron usadas para poder reducir la transmisión del sonido exterior al interior de las edificaciones analizadas.
- **Índice de reducción sonora aparente:** hace referencia a la capacidad de aislamiento acústico que tuvo el sistema constructivo dentro del espacio analizado teniendo en cuenta efectos producidos por fugas o transmisiones indirectas de ruidos.
- **Índice de reducción sonora corregido en base al espectro:** hace referencia al valor corregido del índice ponderado de reducción sonora en función del término de adaptación espectral.
- **Índice ponderado de reducción sonora:** hace referencia a la capacidad aislamiento acústico que tuvo el sistema constructivo dentro del espacio analizado teniendo en cuenta efectos producidos por fugas o transmisiones indirectas de ruidos, así como también el espectro de nivel sonoro para el tipo de ruido analizado.
- **Nivel de presión sonora externo equivalente:** hace referencia al nivel del sonido promedio tomado en el frontis de las edificaciones durante el periodo de tiempo requerido por la normativa y generado por el agente de emisión de ruido. Es denominado también como el Nivel Equivalente Diurno por la normativa NCh 352.
- **Nivel de presión sonora interno equivalente:** hace referencia al nivel del sonido promedio tomado en el interior de las edificaciones durante el periodo de

tiempo requerido por la normativa y que el sistema constructivo analizado dejó pasar.

- **Nivel de presión sonora interna equivalente corregido:** hace referencia al nivel de presión sonora externa equivalente corregido dependiendo del valor de la variación de nivel de presión sonora interna.
- **Nivel de ruido de fondo:** hace referencia al nivel del sonido promedio tomado en el interior de las edificaciones durante el periodo de tiempo requerido por la normativa que no fue generado por el agente de emisión de ruido.
- **Sistema constructivo:** hace referencia al conjunto de materiales, técnicas y procedimientos que han sido utilizados para llevar a cabo la construcción de las edificaciones analizadas.
- **Sonómetro:** hace referencia al instrumento utilizado para medir los niveles sonoros tanto externos como internos en las edificaciones analizadas.
- **Término de adaptación espectral:** hace referencia al valor que se le suma al índice ponderado de reducción sonora tomando en cuenta las características del espectro de ruido.
- **Tiempo de reverberación:** hace referencia al tiempo en que la intensidad del sonido demoró en disminuir a una millonésima parte de su valor inicial dentro de la edificación.
- **Tráfico vehicular:** hace referencia al movimiento de vehículos y peatones en las calles o avenidas aledañas a las edificaciones analizadas.
- **Variación de nivel de presión sonora interna:** hace referencia a la diferencia existente entre el nivel de presión sonora interno equivalente y el nivel de ruido de fondo.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación del proyecto

La presente investigación se realizó en las ciudades más representativas de la región de Cajamarca: Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca.

3.1.1.1. Distrito de Jaén.



Figura 10. Mapa del distrito de Jaén.

Nota. Imagen recopilada de Perutoptours (2005), por Gualberto Valderrama.

Datos del Lugar:

País : Perú

Región : Cajamarca

Ciudad : Jaén

Coordenadas Geográficas :

Este : 742780.9233 m.

Norte : 9368585.5550 m.

Altitud : 729 m.s.n.m.

3.1.1.2. Distrito de Cutervo.

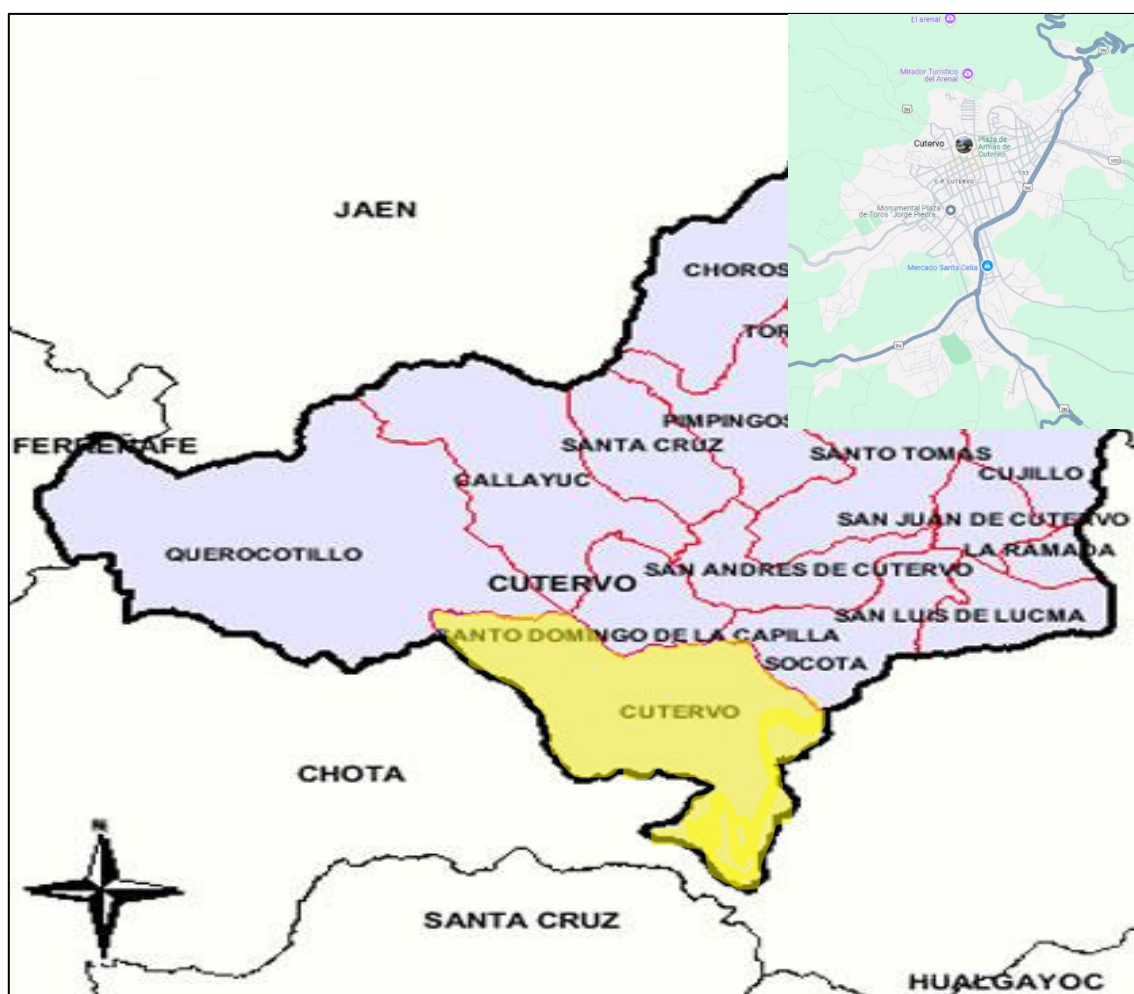


Figura 11. Mapa del distrito de Cutervo.

Nota. Imagen recopilada de Perutoptours (2005), por Gualberto Valderrama.

Datos del Lugar:

País : Perú

Región : Cajamarca

Ciudad : Cutervo

Coordenadas Geográficas :

Este : 741329.6807 m.

Norte : 9294616.4973 m.

Altitud : 2649 m.s.n.m.

3.1.1.3. Distrito de Chota.

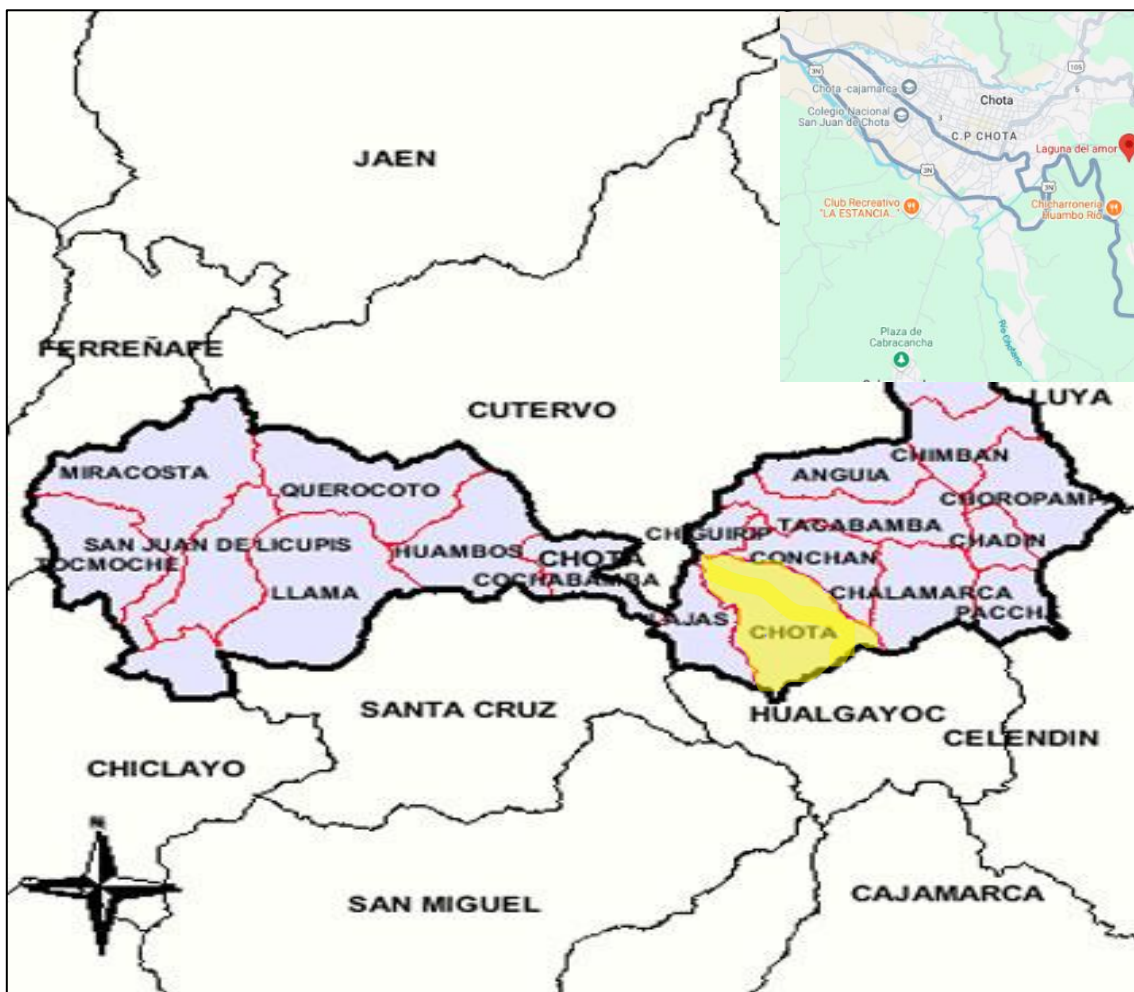


Figura 12. *Mapa del distrito de Chota*

Nota. Imagen recopilada de Perutoptours (2005), por Gualberto Valderrama.

Datos del Lugar:

País : Perú

Región : Cajamarca

Ciudad : Chota

Coordenadas Geográficas :

Este : 759839.3451 m.

Norte : 9274120.2199 m.

Altitud : 2388 m.s.n.m.

3.1.1.4. Distrito de Cajamarca.

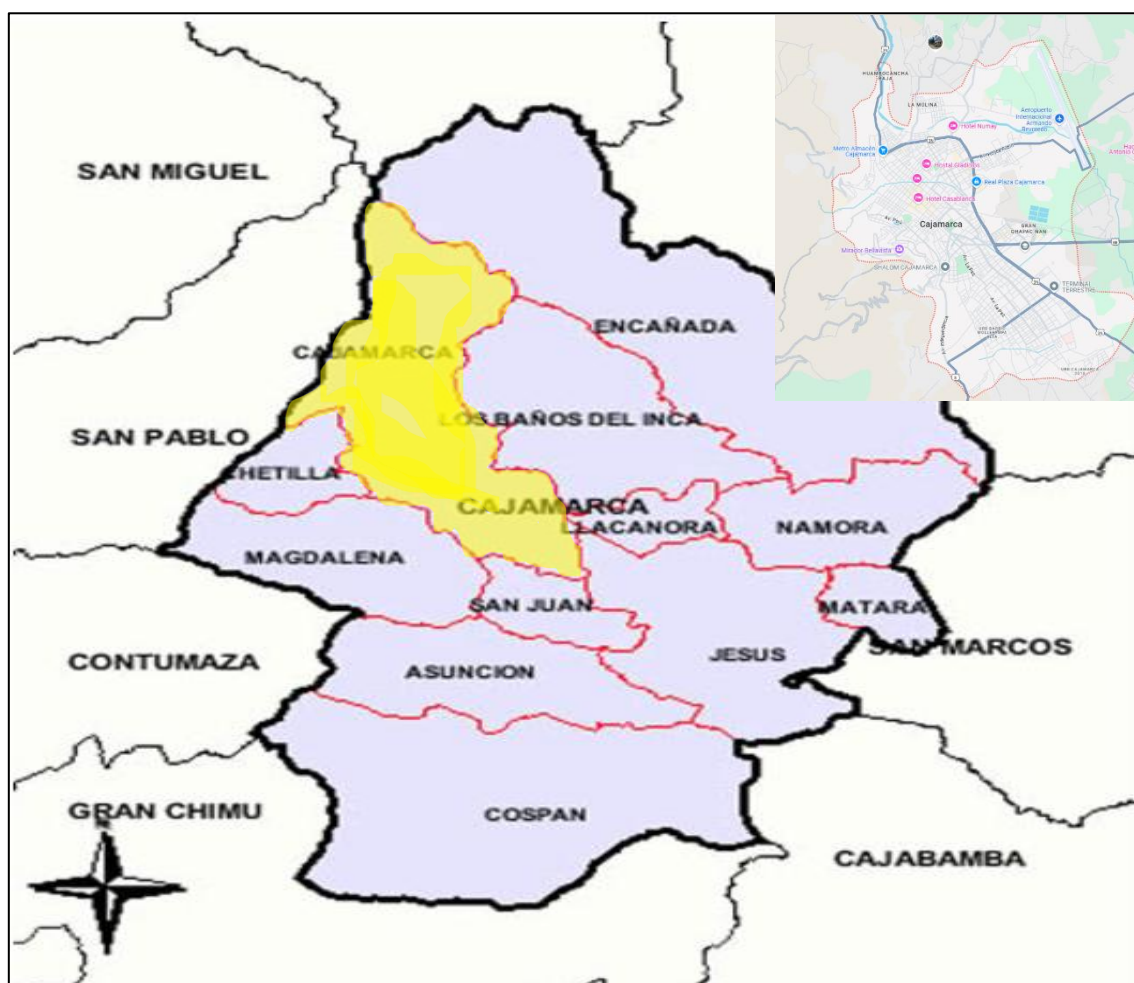


Figura 13. Mapa del distrito de Cajamarca

Nota. Imagen recopilada de Perutoptours (2005), por Gualberto Valderrama.

Datos del Lugar:

País : Perú

Región : Cajamarca

Ciudad : Cajamarca

Coordenadas Geográficas :

Este : 774182.3557 m.

Norte : 9208180.2530 m.

Altitud : 2750 m.s.n.m.

3.1.2. Época de la investigación

La presente investigación se desarrolló entre los meses de diciembre del año 2024 y febrero del año 2025 en las ciudades más representativas de la región de Cajamarca: Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes al departamento de Cajamarca. En este periodo de tiempo se realizó la planificación del estudio como la ejecución de las mediciones in situ, el procesamiento de los datos recopilados y el análisis comparativo con los valores establecidos por las normativas utilizadas en el estudio.

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo cuantitativa, ya que presentó un enfoque empírico y sistémico que tuvo por objetivo poder emplear modelos matemáticos a través de datos numéricos y análisis estadísticos, los cuales estuvieron directamente relacionados con el fenómeno del aislamiento acústico en edificaciones. Se aplicaron fórmulas establecidas en las normas ISO 16283 e ISO 717 para calcular el índice de reducción sonora (R_w), utilizando los niveles de presión sonora medidos in situ. Estos datos permitieron explorar, describir y explicar el comportamiento acústico de los distintos sistemas constructivos presentes en la región de Cajamarca (Álvarez Balandra & Álvarez Tenorio, 2014).

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel del estudio fue descriptivo, ya que se enfocó en la observación y descripción detallada de las características acústicas de los sistemas constructivos de las edificaciones analizadas de la región de Cajamarca, sin intervenir en ellos. Tuvo el propósito de brindar una visión clara y ordenada del comportamiento del aislamiento acústico, identificando patrones, relaciones o tendencias generales entre los valores

obtenidos del índice de reducción sonora (R_w) y las tipologías de sistemas constructivos evaluados. Este tipo de nivel fue el adecuado para generar una caracterización cuantitativa de la realidad constructiva a nivel regional en relación con los valores establecidos en las normas utilizadas en la investigación (Álvarez Balandra & Álvarez Tenorio, 2014).

3.2.3. *Diseño de investigación*

El diseño de la investigación fue comparativo, ya que se centró en identificar un conjunto de similitudes y diferencias entre los niveles de aislamiento acústico (R_w) obtenidos en distintos tipos de sistemas constructivos analizados en las edificaciones de la región de Cajamarca y los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Este tipo de enfoque metodológico permitió evaluar si los sistemas constructivos analizados en la investigación son capaces de brindar un confort acústico a los residentes de estos recintos, estableciendo comparaciones específicas dentro de un mismo periodo de análisis (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.3. Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por los sistemas constructivos de las edificaciones en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes a la región de Cajamarca.

3.4. Muestra de estudio

Se eligieron un total de 300 sistemas constructivos que abarcaron los cuatro tipos de sistemas constructivos analizados. Estas muestras fueron obtenidas de todas las edificaciones visitadas en las cuatro ciudades más representativas de la región de Cajamarca. A continuación, se presenta la tabla donde se especifica el muestreo realizado en la investigación.

Tabla 3. Muestreo de sistemas constructivos.

Ciudad de ubicación	Fecha de análisis	Tipo de sistema constructivo	N° de edificaciones	N° sistemas constructivos	N° de tomas
Cajamarca	Del 16/12/2024 al 21/12/2024	Muros con bloques de arcilla	05	16	96
		Muros con bloques de concreto	04	16	96
		Muros de concreto	03	28	168
		Losas Aligeradas	12	17	102
Chota	Del 03/01/2025 al 08/01/2025	Muros con bloques de arcilla	05	20	120
		Muros con bloques de concreto	05	20	120
		Muros de concreto	04	24	144
		Losas Aligeradas	14	22	132
Cutervo	Del 09/01/2025 al 13/01/2025	Muros con bloques de arcilla	05	17	102
		Muros con bloques de concreto	07	27	162
		Muros de concreto	01	10	60
		Losas Aligeradas	13	17	102
Jaén	Del 15/01/2025 al 18/01/2025	Muros con bloques de arcilla	06	22	132
		Muros con bloques de concreto	03	12	72
		Muros de concreto	03	13	78
		Losas Aligeradas	12	19	114

3.5. Unidad de análisis

Las unidades de análisis de la investigación estuvieron conformadas por los sistemas constructivos a base de muros de mampostería con bloques de arcilla, muros de mampostería con bloques de concreto, muros de concreto y losas aligeradas; que formaron parte de las edificaciones estudiadas en las ciudades más representativas de la región: Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca. Estas unidades fueron evaluadas con relación a la capacidad de aislamiento acústico que ofrecieron frente al ruido generado por el tráfico vehicular. Para esto se realizaron mediciones in situ obteniendo valores que permitieron calcular el índice de reducción sonora (R_w) correspondiente a cada sistema, comparando posteriormente los datos calculados con los establecidos en las normativas usadas en la investigación.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos utilizada en el presente estudio fue el de medición directa, ya que permitió recopilar los niveles de presión sonora en los sistemas constructivos evaluados en la región de Cajamarca. Esta técnica se basó en la obtención de datos cuantitativos a partir de observaciones controladas del fenómeno físico del aislamiento acústico, sin necesidad de concurrir a interpretaciones subjetivas. Las mediciones se llevaron a cabo en condiciones reales, haciendo uso de equipos sonómetros calibrados y certificados, lo que garantizó la validez de los datos tomados en campo. Los valores obtenidos fueron utilizados posteriormente para calcular el índice de reducción sonora (R_w) según las normativas utilizadas en la investigación. (Yusof, Supie, & Ismail, 2021).

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos utilizado en la investigación es el instrumento tecnológico, que viene a ser una herramienta que utiliza la tecnología de carácter digital, electrónica o automatizada con el objetivo de recolectar, procesar y analizar datos de un fenómeno. Este tipo de instrumentos están diseñados para garantizar una buena precisión, rapidez y confiabilidad al momento de querer obtener información sobre algún fenómeno en específico (Yusof, Supie, & Ismail, 2021).

En el caso del estudio realizado, se usó dos sonómetros de clase 1, utilizados para obtener los valores necesarios para calcular el índice de reducción sonora (R_w), siguiendo el procedimiento indicado por la normativa ISO 16283, y con los datos calculados medir el aislamiento acústico que ofreció cada uno de los sistemas constructivos analizados en las edificaciones comparándolos con los valores de referencia de las normas NCh 352 e ISO 717.

3.7. Procedimiento

3.7.1. Procedimiento para la toma de datos con el sonómetro

3.7.1.1. Cálculo de la presión sonora externa e interna.

- a) Se utilizaron dos sonómetros de tipo clase 1, el primero de marca CIRRUS RESEARCH PLC, el cual fue empleado para hacer las mediciones externas a la edificación; el segundo, de marca BSWA TECH; el cual se utilizó para realizar las mediciones internas. Ambos equipos fueron alquilados al investigador por la empresa cajamarquina F&D SOMA E.I.R.L., especializada en seguridad ocupacional y medio ambiente. Los equipos se encontraron en buen estado y debidamente calibrados al momento de realizar las mediciones. Esta afirmación se respalda en los certificados de calibración vigentes proporcionados por la empresa mencionada, los cuales se muestran en los anexos de la investigación.

- b) En primer lugar, se realizó la inspección visual de los sonómetros y accesorios necesarios para la toma de datos (calibrador, trípode ajustable y el protector del micrófono), asegurándose de su buen estado y verificando que la carga de los equipos esté al máximo para evitar interrupciones en la toma de datos.
- c) Seguidamente, se realizó la calibración acústica previa de los sonómetros mediante calibradores compatibles con los modelos de los instrumentos de medición utilizados, verificando siempre que el nivel de calibración sea de 94 dB dado que las condiciones de ruido al momento de la toma de datos fueron normales o moderadas.
- d) A continuación, se procedió a configurar los sonómetros, seleccionando la escala de ponderación en frecuencia “A”, para emular la percepción del oído humano al ruido. Se eligió la ponderación del tiempo en “Fast”, para permitir que los sonómetros respondan de forma rápida a los cambios en los niveles sonoros. También se ajustó el rango de medición de los equipos, el cual fue fijado entre los 20 dB a 130 dB. Asimismo, se configuró el modo de medición, seleccionando el tipo de grabación correspondiente, el cálculo de los parámetros necesarios para obtener lo requerido por la investigación, y el intervalo de registro que en este caso fue de un segundo y a la vez continuo.
- e) Para realizar las mediciones, se colocaron los sonómetros en los trípodes correspondientes, nivelándolos y posicionándolos a una altura con respecto al nivel del suelo de 1.50 metros en promedio, orientando los micrófonos hacia la zona requerida, ya sea para la toma de datos internos o externos en la edificación. Se tuvo especial cuidado de que los micrófonos estuvieran libres de obstáculos o posibles reflejos sonoros.

- f) En concordancia con lo especificado por la normativa ISO 16283, se realizó una única medición del ruido externo producido por el tráfico vehicular, cantidad mínima exigida por la norma en mención. El sonómetro se ubicó a una distancia aproximada de 2 metros respecto a la fachada de la edificación para el caso del análisis de muros y en la parte central del sistema constructivo para el caso de las losas aligeradas. Con respecto a las mediciones internas, se realizaron cinco mediciones, cumpliendo también con el mínimo requerido por la normativa, ubicando el sonómetro a una distancia aproximada de 0.5 metros del sistema constructivo para el caso de la medición de muros y distribuyéndolo de manera equitativa en toda el área del recinto para el caso de medición de las losas aligeradas. Cabe recalcar que para realizar las mediciones internas se cerraron completamente las puertas y ventanas del recinto receptor, con el fin de evitar filtraciones adicionales de ruidos ajenos a la medición. La duración de cada medición fue de 24 segundos por punto de toma, lo que equivale a un total de 2 minutos por cada sistema constructivo analizado, cumpliendo así con el tiempo mínimo de 15 segundos exigido por la normativa para cada punto.
- g) Para la medición del ruido de fondo generado en el interior del recinto receptor, se repitió el mismo procedimiento descrito anteriormente para las mediciones internas, utilizando las mismas posiciones de los cinco puntos de control tomados inicialmente, esta vez durante lapsos en los que el ruido del tráfico vehicular había disminuido. Asimismo, para la medición del tiempo de reverberación del recinto receptor, se emplearon señales impulsivas mediante la acción de reventar un globo, permitiendo de esta manera que el equipo sonómetro registrara el decaimiento total del sonido.

- h) Los datos obtenidos por los sonómetros al momento de realizar las mediciones en campo fueron codificados y almacenados según lo requerido por el laboratorio F&D SOMA E.I.R.L., el cual se encargó de analizar y desintegrar los datos según los requerimientos de las normativas utilizadas en la investigación. Este análisis fue realizado aplicando procedimientos técnicos estandarizados para la interpretación de los registros obtenidos en campo, datos que posteriormente fueron entregados al responsable del estudio para su posterior procesamiento. La información fue validada por el laboratorio mediante la emisión de los informes técnicos N° RA-0021-F&D-2025/CAJ y N° RA-0022-F&D-2025/CAJ, los cuales certificaron la confiabilidad de los datos obtenidos in situ, dando garantía de su uso para los fines de la investigación. Los documentos mencionados se adjuntaron en los anexos de la investigación como respaldo documental del procedimiento técnico realizado.

3.7.2. Procedimiento para el análisis de datos

- a) Una vez obtenidos los datos de las mediciones realizadas en campo, se procedió a calcular el índice de reducción sonora, valor con el cual se pudo evaluar el desempeño acústico de los sistemas constructivos analizados en la investigación. La normativa ISO 717 indica que el índice de reducción sonora debe ser calculado a partir de los valores del nivel de presión sonora medidos en bandas de 1/3 de octava dentro del rango de frecuencias de 100 HZ a 3500 HZ, ya que este análisis ofrece una mayor resolución espectral permitiendo identificar con precisión el comportamiento acústico del elemento constructivo analizado frente a distintos componentes del espectro sonoro, en este caso el ruido generado por el tráfico vehicular. Entendemos entonces que los datos brindados por el

laboratorio fueron desglosados en las 16 bandas de frecuencia que exige la normativa ISO 717.

- b) Se utilizó una hoja de cálculo realizada y programada en Microsoft Excel para la obtención de los cálculos automatizados a través del uso de las fórmulas especificadas por las normativas ISO 16283 e ISO 717; y la realización de las gráficas necesarias para el entendimiento del fenómeno en análisis.
- c) En primer lugar, se calculó el Nivel Equivalente Diurno (NED), mediante los datos del nivel de presión sonora externo equivalente. Este valor permitió valorar el aislamiento acústico según lo establecido por la norma NCh 352 e ISO 717 (ver Tabla 02). Para el cálculo del NED se utilizó la ecuación (4), la cual se presenta a continuación:

$$NED = 10 * \log\left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{ext.cam}}{10}}\right) + 10 * \log\left(\frac{e}{8}\right) \quad (\text{Ecuación 04})$$

Donde:

NED : Nivel equivalente diurno.

L_{ext.cam}: Cada nivel de presión sonora externo medido por frecuencia de banda.

n : Número total de mediciones hechas.

e : Duración total del periodo expuesto al ruido.

- d) En segundo lugar, se calculó el nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda, utilizando el nivel de presión sonora interno medido en campo y el nivel de ruido de fondo, ambos valores obtenidos directamente de lo recopilado por el sonómetro. Utilizando la ecuación (5), se calculó la variación del nivel de presión sonora para determinar si se corrige o no el nivel de presión sonora interno medido en campo mediante lo estipulado por la ecuación (6) y la

ecuación (7), y así poder calcular finalmente el nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda utilizando la ecuación (8). A continuación, se presenta la tabla que se utilizó en la hoja de cálculo para la obtención del nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda.

Tabla 4. *Cálculo del nivel de presión sonora interno equivalente.*

$L_{int.cam}$	L_{fondo}	ΔL	$L_{int.corr}$	$L_{int.eq}$

Donde:

$L_{int.cam}$: Nivel de presión sonora interno medido en campo.

L_{fondo} : Nivel de ruido de fondo.

ΔL : Variación de nivel de presión sonora.

$$\Delta L = L_{int.cam} - L_{fondo} \quad (\text{Ecuación 05})$$

$L_{int.corr}$: Nivel de presión sonora interno equivalente corregido.

$$\text{Si } \Delta L \geq 15, \quad L_{int.corr} = L_{eq} \quad (\text{Ecuación 06})$$

De lo contrario,

$$L_{int.corr} = 10 * \log(10^{L_{eq}*0.1} - 10^{L_{fondo}*0.1}) \quad (\text{Ecuación 07})$$

$L_{int.eq}$: Nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda.

$$L_{int.eq} = 10 * \log\left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{int.corr}}{10}}\right) \quad (\text{Ecuación 08})$$

Donde:

$L_{int.corr}$: Nivel de presión sonora interno corregido por frecuencia de banda.

n : Número total de mediciones hechas.

- e) Con los datos del nivel de presión sonora externo equivalente por frecuencia de banda y el nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda se procedió a calcular el índice de reducción sonora aparente mediante el uso de la ecuación (09). Para ello se necesitó tener el valor del tiempo de reverberación de cada toma de datos realizado en campo, valor que también fue obtenido directamente de lo recopilado por el sonómetro. A continuación, se presenta la tabla que se utilizó en la hoja de cálculo para la obtención del índice de reducción sonora aparente.

Tabla 5. *Cálculo del índice ponderado de reducción sonora mediante la ISO 717.*

Tr	R_k	R_w	C_{tr}	R_{tr}

Donde:

Tr : Tiempo de reverberación.

R_k : Índice de reducción sonora aparente.

$$R_k = L_{ext.eq} - L_{int.eq} + 10 * \log\left(\frac{Tr}{0.5}\right) \quad (\text{Ecuación 09})$$

- f) Ya obtenido el índice de reducción sonora aparente se realizó el procedimiento indicado por la normativa ISO 717 para poder valorar los resultados de la medición realizada en campo con lo estipulado por la norma en mención. Este proceso consistió en desplazar la curva de referencia estipulada en la Tabla 6, en saltos de 1 dB hacia la curva generada por los datos obtenidos en campo, todo ello hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea la mayor posible, pero no mayor a 32 dB para el caso del análisis por tercios de octava de banda. Es así que se obtuvo el valor del índice ponderado de reducción sonora (R_w), el

cual estuvo dado por el valor de la curva de referencia desplazada para una frecuencia de 500 Hz por la estabilidad de los valores en esta frecuencia.

Tabla 6. Valores de referencia para aislamiento de ruido aéreo.

Frecuencia	Valores de referencia (dB)	
Hz	Bandas de tercio de octava	Bandas de octava
100	33	36
125	36	
160	39	
200	42	45
250	45	
315	48	
400	51	52
500	52	
630	53	
800	54	55
1000	55	
1250	56	
1600	56	56
2000	56	
2500	56	
3150	56	

Nota. Tabla recopilada de la normativa ISO 717 (2013).

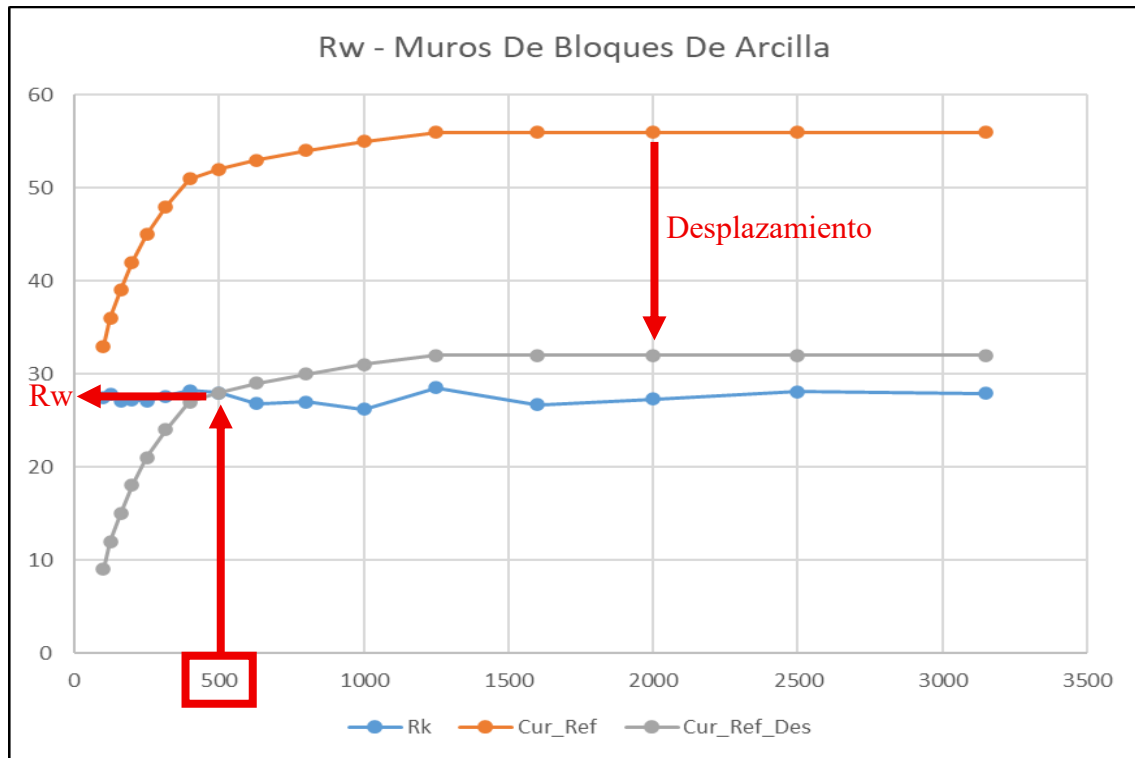


Figura 14. Desplazamiento de la curva de referencia para el cálculo de R_w .

Nota. Gráfica elaborada en Microsoft Excel.

- g) Finalmente se aplicó la corrección al índice ponderado de reducción sonora (R_w) en base al tipo de espectro estudiado, sumándole el valor del término de adaptación espectral, el cual es obtenido según lo indicado por la ecuación (10) y tomando en cuenta lo estipulado en la Tabla 7. Es así que se obtuvo el índice de reducción sonora corregido en base al espectro aplicando la ecuación (11), valor que nos permitió medir el aislamiento acústico de los sistemas constructivos analizados y compararlos con los valores establecidos por las normas NCh 352 e ISO 717.

C_{tr} : Término de adaptación espectral.

$$C_{tr} = -10 * \log \sum \left(10^{\frac{R_{espN^{\circ}20} - R_k}{10}} \right) - R_w \quad (\text{Ecuación 10})$$

R_{tr} : Índice de reducción sonora corregido en base al espectro.

$$R_{tr} = R_w + C_{tr} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Tabla 7. Espectro de nivel sonoro para cálculo de términos de adaptación espectral. C para ruido rosa y C_{tr} para ruido de tráfico urbano.

Frecuencia Hz	Niveles sonoros, L_{ij} , dB					
	Espectro N°1 para calcular				Espectro N°2 para calcular C_{tr} para cualquier rango de frecuencia	
	$C_{50-3150}$		$C_{50-5000}$ y $C_{100-5000}$			
	1/3 Octavas	Octavas	1/3 Octavas	Octavas	1/3 Octavas	Octavas
80	-40	-31	-41	-32	-25	-18
63	-36		-37		-23	
80	-33		-34		-21	
100	-29	-21	-30	-22	-20	-14
125	-26		-27		-20	
160	-23		-24		-18	
200	-21	-14	-22	-15	-16	-10
250	-19		-20		-15	
315	-17		-18		-14	
400	-15	-8	-16	-9	-13	-7
500	-13		-14		-12	
630	-12		-13		-11	
800	-11	-5	-12	-6	-9	-4
1000	-10		-11		-8	
1250	-9		-10		-9	
1600	-9	-4	-10	-5	-10	-6
2000					-11	
2500					-13	
3150	-9		-10	-5	-15	-11
4000					-16	
5000					-18	

NOTA: Todos los niveles son ponderados A y el nivel del espectro total normalizado a 0dB

Nota. Tabla recopilada de la normativa ISO 717 (2013).

CAPITULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se presentaron los resultados obtenidos sobre el índice de reducción sonora de los cuatro tipos de sistemas constructivos analizados en la presente investigación por cada una las ciudades visitadas dentro de la región de Cajamarca. Así también, se presentó la comparación hecha entre los valores del índice de reducción sonora dados por las normativas NCh 352 e ISO 717 y los valores calculados a partir de los datos obtenidos en campo.

4.1. Aislamiento acústico de muros de mampostería con bloques de arcilla

Se analizaron 75 muros de mampostería con bloques de arcilla en un total de 21 edificaciones a la cuales se tuvo acceso en las cuatro ciudades visitadas en la investigación.

Tabla 8. *Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la investigación.*

Ciudad de ubicación	Fecha de análisis	Tipo de sistema constructivo	Nº de edificaciones	Nº sistemas constructivos	Nº de tomas
Cajamarca	Del 16/12/2024 al 21/12/2024	Muros con bloques de arcilla	05	16	96
Chota	Del 03/01/2025 al 08/01/2025	Muros con bloques de arcilla	05	20	120
Cutervo	Del 09/01/2025 al 13/01/2025	Muros con bloques de arcilla	05	17	102
Jaén	Del 15/01/2025 al 18/01/2025	Muros con bloques de arcilla	06	22	132
Total			21	75	450

4.1.1. Muros de mampostería con bloques de arcilla - Jaén

En la ciudad de Jaén se analizaron 22 muros de mampostería con bloques de arcilla en un total de 06 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Jaén y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 9. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Jaén.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	03	66.9 – 75.2	25.5 – 36.0
Edif - 02	07	73.8 – 82.1	28.9 – 42.9
Edif - 03	04	68.2 – 73.0	23.7 – 36.1
Edif - 04	03	77.7 – 81.9	41.4 – 44.0
Edif - 05	02	74.4 – 76.7	28.7 – 34.3
Edif - 06	03	73.4 – 78.9	28.0 – 39.3

Tabla 10. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de arcilla				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	13	59.09	59.09	59.09
No cumple	9	40.91	40.91	100.00
Total	22	100.00	100.00	

4.1.2. Muros de mampostería con bloques de arcilla - Cutervo

En la ciudad de Cutervo se analizaron 17 muros de mampostería con bloques de arcilla en un total de 05 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cutervo y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 11. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cutervo.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	69.4 – 75.5	29.1 – 36.4
Edif - 02	02	75.6 – 78.3	38.4 – 41.1
Edif - 03	03	73.8 – 79.4	29.4 – 36.8
Edif - 04	06	75.3 – 80.2	32.8 – 41.5
Edif - 05	02	76.7 – 79.1	37.7 – 41.5

Tabla 12. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de arcilla Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	11	64.71	64.71	64.71
No cumple	6	35.29	35.29	100.00
Total	17	100.00	100.00	

4.1.3. Muros de mampostería con bloques de arcilla - Chota

En la ciudad de Chota se analizaron 20 muros de mampostería con bloques de arcilla en un total de 05 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Chota y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 13. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Chota.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	74.9 – 78.6	32.5 – 41.5
Edif - 02	05	72.5 – 79.5	28.5 – 41.1
Edif - 03	03	78.7– 81.9	36.9 – 42.9
Edif - 04	05	72.3 – 78.7	29.0 – 39.2
Edif - 05	03	68.4 – 76.7	25.6 – 39.0

Tabla 14. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de arcilla				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	9	45.00	45.00	45.00
No cumple	11	55.00	55.00	100.00
Total	20	100.00	100.00	

4.1.4. Muros de mampostería con bloques de arcilla - Cajamarca

En la ciudad de Cajamarca se analizaron 16 muros de mampostería con bloques de arcilla en un total de 05 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cajamarca y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 15. Muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cajamarca.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	68.6 – 74.9	27.2 – 36.2
Edif - 02	04	74.7 – 79.2	35.0 – 37.7
Edif - 03	02	75.2 – 77.3	30.8 – 31.5
Edif - 04	03	78.8 – 81.6	35.7 – 43.4
Edif - 05	03	76.5 – 78.1	33.8 – 40

Tabla 16. Comparación del R_w de los muros de mampostería con bloques de arcilla de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de arcilla				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	9	56.25	56.25	56.25
No cumple	7	43.75	43.75	100.00
Total	16	100.00	100.00	

4.2. Aislamiento acústico de muros de mampostería con bloques de concreto

Se analizaron 75 muros de mampostería con bloques de concreto en un total de 19 edificaciones a las cuales se tuvo acceso en las cuatro ciudades visitadas en la investigación.

Tabla 17. *Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la investigación.*

Ciudad de ubicación	Fecha de análisis	Tipo de sistema constructivo	N° de edificaciones	N° sistemas constructivos	N° de tomas
Cajamarca	Del 16/12/2024 al 21/12/2024	Muros con bloques de concreto	04	16	96
Chota	Del 03/01/2025 al 08/01/2025	Muros con bloques de concreto	05	20	120
Cutervo	Del 09/01/2025 al 13/01/2025	Muros con bloques de concreto	07	27	162
Jaén	Del 15/01/2025 al 18/01/2025	Muros con bloques de concreto	03	12	72
Total			19	75	450

4.2.1. Muros de mampostería con bloques de concreto - Jaén

En la ciudad de Jaén se analizaron 12 muros de mampostería con bloques de concreto en un total de 03 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Jaén y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 18. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Jaén.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	78.2 – 84.9	38.1 – 39.8
Edif - 02	04	72.7 – 78.5	27.0 – 32.7
Edif - 03	04	69.9 – 77.7	26.6 – 39.2

Tabla 19. Comparación del *R_w* de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Jaén y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	2	16.67	16.67	16.67
No cumple	10	83.33	83.33	100.00
Total	12	100.00	100.00	

4.2.2. Muros de mampostería con bloques de concreto - Cutervo

En la ciudad de Cutervo se analizaron 27 muros de mampostería con bloques de concreto en un total de 07 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cutervo y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 20. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cutervo.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	02	73.8 – 77.0	35.2 – 38.7
Edif - 02	06	67.8 – 75.2	29.0 – 36.7
Edif - 03	04	77.3 – 82.1	33.5 – 42.8
Edif - 04	04	73.3 – 79.0	28.9 – 39.7
Edif - 05	03	67.8 – 72.2	26.3 – 35.2
Edif - 06	05	70.5 – 78.0	26.4 – 40.7
Edif - 07	03	78.6 – 81.9	35.3 – 41.7

Tabla 21. Comparación del *R_w* de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Cutervo y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	15	55.56	55.56	55.56
No cumple	12	44.44	44.44	100.00
Total	27	100.00	100.00	

4.2.3. Muros de mampostería con bloques de concreto - Chota

En la ciudad de Chota se analizaron 20 muros de mampostería con bloques de concreto en un total de 05 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Chota y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 22. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Chota.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	74.2 – 79.2	34.0 – 40.4
Edif - 02	04	65.3 – 74.0	23.3 – 30.5
Edif - 03	04	74.1 – 77.5	34.3 – 38.5
Edif - 04	04	63.4 – 70.0	17.7 – 27.6
Edif - 05	04	73.5 – 78.5	30.1 – 40.3

Tabla 23. Comparación del *R_w* de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Chota y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	9	45.00	45.00	45.00
No cumple	11	55.00	55.00	100.0
Total	20	100.00	100.00	

4.2.4. Muros de mampostería con bloques de concreto - Cajamarca

En la ciudad de Cajamarca se analizaron 16 muros de mampostería con bloques de concreto en un total de 04 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 24. Muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED	R _{tr}
		(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	04	69.0 – 74.9	25.6 – 30.9
Edif - 02	04	75.3 – 79.8	28.8 – 38.2
Edif - 03	04	76.6 – 85.1	31.1 – 42.0
Edif - 04	04	71.4 – 76.3	30.2 – 36.4

Tabla 25. Comparación del *R_w* de los muros de mampostería con bloques de concreto de la ciudad de Cajamarca y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de mampostería con bloques de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	5	31.25	31.25	31.25
No cumple	11	68.75	68.75	100.00
Total	16	100.00	100.00	

4.3. Aislamiento acústico de muros de concreto

Se analizaron 75 muros de concreto en un total de 11 edificaciones a las cuales se tuvo acceso en las cuatro ciudades visitadas en la investigación.

Tabla 26. Muros de concreto analizados en la investigación.

Ciudad de ubicación	Fecha de análisis	Tipo de sistema constructivo	Nº de edificaciones	Nº sistemas constructivos	Nº de tomas
Cajamarca	Del 16/12/2024 al 21/12/2024	Muros de concreto	03	28	168
Chota	Del 03/01/2025 al 08/01/2025	Muros de concreto	04	24	144
Cutervo	Del 09/01/2025 al 13/01/2025	Muros de concreto	01	10	60
Jaén	Del 15/01/2025 al 18/01/2025	Muros de concreto	03	13	78
Total			11	75	450

4.3.1. Muros de concreto - Jaén

En la ciudad de Jaén se analizaron 13 muros de concreto en un total de 03 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de concreto analizados en la ciudad de Jaén y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 27. Muros de concreto analizados en la ciudad de Jaén.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R_{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	04	74.4 – 79.2	35.0 – 39.5
Edif - 02	05	73.7 – 81.4	31.2 – 42.5
Edif - 03	04	74.0 – 78.3	33.1 – 38.0

Tabla 28. Comparación del *R_w* de los muros de concreto de la ciudad de Jaén y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	9	69.23	69.23	69.23
No cumple	4	30.77	30.77	100.00
Total	13	100.00	100.00	

4.3.2. Muros de concreto - Cutervo

En la ciudad de Cutervo se analizaron un total de 10 muros de concreto en una edificación. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de concreto analizados en la ciudad de Cutervo y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 29. Muros de concreto analizados en la ciudad de Cutervo.

Edificación	N° sistemas	NED	R _{tr}
	constructivos	(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	10	63.5 – 76.5	25.7 – 38.0

Tabla 30. Comparación del *R_w* de los muros de concreto de la ciudad de Cutervo y los valores de *R_w* establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	6	60.00	60.00	60.00
No cumple	4	40.00	40.00	100.00
Total	10	100.00	100.00	

4.3.3. Muros de concreto - Chota

En la ciudad de Chota se analizaron 24 muros de concreto en un total de 04 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de concreto analizados en la ciudad de Chota y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 31. Muros de concreto analizados en la ciudad de Chota.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R_{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	06	72.7 – 82.7	35.3 – 42.7
Edif - 02	06	69.6 – 75.8	26.2 – 37.1
Edif - 03	06	74 – 79.7	30.3 – 41.9
Edif - 04	06	67.4 – 75.1	27.4 – 35.7

Tabla 32. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	17	70.83	70.83	70.83
No cumple	7	29.17	29.17	100.00
Total	24	100.00	100.00	

4.3.4. Muros de concreto - Cajamarca

En la ciudad de Cajamarca se analizaron 28 muros de concreto en un total de 03 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de los muros de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 33. Muros de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca.

Edificación	N° sistemas	NED	R _{tr}
	constructivos	(Min. – Max.)	(Min. – Max.)
Edif - 01	10	73.4 – 82.5	33.8 – 42.7
Edif - 02	12	68.5 – 79.7	28.1 – 41.0
Edif - 03	06	75.3 – 82.1	32.7 – 42.3

Tabla 34. Comparación del R_w de los muros de concreto de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Muros de concreto				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	19	67.86	67.86	67.86
No cumple	9	32.14	32.14	100.00
Total	28	100.00	100.00	

4.4. Aislamiento acústico de losas aligeradas

Se analizaron 75 losas aligeradas en un total de 51 edificaciones a las cuales se tuvo acceso en las cuatro ciudades visitadas en la investigación.

Tabla 35. *Losas aligeradas analizadas en la investigación.*

Ciudad de ubicación	Fecha de análisis	Tipo de sistema constructivo	Nº de edificaciones	Nº sistemas constructivos	Nº de tomas
Cajamarca	Del 16/12/2024 al 21/12/2024	Losas Aligeradas	12	17	102
Chota	Del 03/01/2025 al 08/01/2025	Losas Aligeradas	14	22	132
Cutervo	Del 09/01/2025 al 13/01/2025	Losas Aligeradas	13	17	102
Jaén	Del 15/01/2025 al 18/01/2025	Losas Aligeradas	12	19	114
Total			51	75	450

4.4.1. Losas aligeradas - Jaén

En la ciudad de Jaén se analizaron 19 losas aligeradas en un total de 12 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Jaén y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 36. *Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Jaén.*

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R_{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	01	71.3	30.4
Edif - 02	02	77.3 – 79.5	38.9 – 41.9
Edif - 03	02	74.5 – 76.0	37.7 – 38.2
Edif - 04	02	69.4 – 72.6	25.0 – 29.9
Edif - 05	01	80.7	43.5
Edif - 06	01	76.4	38.6
Edif - 07	02	71.3 – 74.3	29.1 – 31.6
Edif - 08	02	78.3 – 79.2	40.7 – 41.4
Edif - 09	02	73.3 – 75.0	36.6 – 37.5
Edif - 10	01	77.4	38.5
Edif - 11	02	70.6 – 72.1	32.6 – 34.4
Edif - 12	01	81.2	43.8

Tabla 37. *Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Jaén y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.*

Losas aligeradas				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	13	68.42	68.42	68.42
No cumple	6	31.58	31.58	100.00
Total	19	100.00	100.00	

4.4.2. Losas aligeradas - Cutervo

En la ciudad de Cutervo se analizaron 17 losas aligeradas en un total de 13 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cutervo y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 38. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cutervo.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R_{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	02	74.9 – 75.2	36.1 – 37.8
Edif - 02	01	72.4	30.8
Edif - 03	02	76.4 – 78.3	34.3 – 37.3
Edif - 04	01	76.0	38.9
Edif - 05	01	70.2	24.9
Edif - 06	02	80.1 – 82.5	40.7 – 44.5
Edif - 07	01	75.5	31.8
Edif - 08	01	78.2	37.1
Edif - 09	01	69.1	32.1
Edif - 10	01	74.4	31.8
Edif - 11	01	79.1	40.4
Edif - 12	02	71.6 – 72.4	25.4 – 30.4
Edif - 13	01	78.8	28.6

Tabla 39. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Cutervo y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Losas aligeradas				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	7	41.18	41.18	41.18
No cumple	10	58.82	58.82	100.00
Total	17	100.00	100.00	

4.4.3. Losas aligeradas - Chota

En la ciudad de Chota se analizaron 22 losas aligeradas en un total de 14 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Chota y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 40. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Chota.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R_{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	01	76.5	38.1
Edif - 02	01	78.7	39.2
Edif - 03	01	76.8	38.8
Edif - 04	02	73.7 – 74.1	35.2 – 35.6
Edif - 05	02	77.5 – 80.0	40.1 – 41.3
Edif - 06	01	74.6	31.5
Edif - 07	02	69.5 – 71.5	27.6 – 28.1
Edif - 08	01	78.3	38.4
Edif - 09	02	77.4 – 77.5	39.2 – 41.0
Edif - 10	02	72.7 – 73.2	27.2 – 28.4
Edif - 11	02	72.5 – 79.0	33.1 – 42.6
Edif - 12	01	81.5	41.2
Edif - 13	02	70.2 – 75.3	29.5 – 37.7
Edif - 14	02	76.2 – 77.5	36.9 – 39.7

Tabla 41. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Chota y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Losas aligeradas				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	14	63.64	59.09	59.09
No cumple	8	36.36	40.91	100.00
Total	22	100.00	100.00	

4.4.4. Losas aligeradas - Cajamarca

En la ciudad de Cajamarca se analizaron 17 losas aligeradas en un total de 12 edificaciones. A continuación, se presentan las tablas que detallan los resultados obtenidos referentes al índice de reducción sonora de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cajamarca y la comparación realizada con los valores establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Tabla 42. Losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cajamarca.

Edificación	N° sistemas constructivos	NED (Min. – Max.)	R _{tr} (Min. – Max.)
Edif - 01	01	73.5	25.8
Edif - 02	02	78.7 – 79.7	39.8 – 41.3
Edif - 03	01	74.2	36.7
Edif - 04	01	78.4	39.4
Edif - 05	02	73.7 – 76.2	35.9 – 37.3
Edif - 06	02	69.3 – 70.6	28.4 – 28.5
Edif - 07	01	81.3	41.3
Edif - 08	01	72.4	34.4
Edif - 09	01	77.3	38.4
Edif - 10	02	73.0 – 74.9	35.2 – 35.3
Edif - 11	01	79.3	39.4
Edif - 12	02	75.6 – 76.9	32.7 – 36.9

Tabla 43. Comparación del R_w de las losas aligeradas de la ciudad de Cajamarca y los valores de R_w establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717.

Losas aligeradas				
Según la NCh 352 e ISO 717 (Ver Tabla 2)				
Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cumple	12	70.59	70.59	70.59
No cumple	5	29.41	29.41	100.00
Total	17	100.00	100.00	

CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Muros de mampostería con bloques de arcilla y su aislamiento acústico

Según la Tabla 8 se analizaron un total de 75 muros de mampostería con bloques de arcilla en las cuatro ciudades visitadas en la región de Cajamarca; 22 en la ciudad de Jaén, 17 en la ciudad de Cutervo, 20 en la ciudad de Chota y 16 en la ciudad de Cajamarca. Los valores de los resultados obtenidos sobre el índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla oscilaron entre los 23.7 dB hasta los 44 dB.

Con respecto a la comparación entre los valores del índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de arcilla medidos en campo y los valores de referencia estipulados por las normativas NCh 352 e ISO 717 se tuvo:

- Según la Tabla 10 un 59.09% de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Jaén, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 40.91% de los muros de mampostería con bloques de arcilla restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 12 un 64.71% de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cutervo, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 35.29% de los muros de mampostería con bloques de arcilla restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 14 un 45.00% de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Chota, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 55.00% de

los muros de mampostería con bloques de arcilla restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.

- Según la Tabla 16 un 56.25% de los muros de mampostería con bloques de arcilla analizados en la ciudad de Cajamarca, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 43.75% de los muros de mampostería con bloques de arcilla restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Desde un punto de vista general el 56.00% de los valores del índice de reducción sonora de los 75 muros de mampostería con bloques de arcilla superaron el mínimo valor aceptable por las normativas NCh 352 e ISO 717, caso contrario del 44.00% de los muros de mampostería con bloques de arcilla restantes.

5.2. Muros de mampostería con bloques de concreto y su aislamiento acústico

Según la Tabla 17 se analizaron un total de 75 muros de mampostería con bloques de concreto en las cuatro ciudades visitadas en la región de Cajamarca; 12 en la ciudad de Jaén, 27 en la ciudad de Cutervo, 20 en la ciudad de Chota y 16 en la ciudad de Cajamarca. Los valores de los resultados obtenidos sobre el índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto oscilaron entre los 17.7 dB hasta los 42.8 dB.

Con respecto a la comparación entre los valores del índice de reducción sonora de los muros de mampostería con bloques de concreto medidos en campo y los valores de referencia estipulados por las normativas NCh 352 e ISO 717 se tuvo:

- Según la Tabla 19 un 16.67% de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Jaén, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 83.33% de

los muros de mampostería con bloques de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.

- Según la Tabla 21 un 55.56% de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cutervo, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 44.44% de los muros de mampostería con bloques de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 23 un 45.00% de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Chota, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 55.00% de los muros de mampostería con bloques de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 25 un 31.25% de los muros de mampostería con bloques de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 68.75% de los muros de mampostería con bloques de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Desde un punto de vista general el 41.33% de los valores del índice de reducción sonora de los 75 muros de mampostería con bloques de concreto superaron el mínimo valor aceptable por las normativas NCh 352 e ISO 717, caso contrario del 58.67% de los muros de mampostería con bloques de concreto restantes.

5.3. Muros de concreto y su aislamiento acústico

Según la Tabla 26 se analizaron un total de 75 muros de concreto en las cuatro ciudades visitadas en la región de Cajamarca; 13 en la ciudad de Jaén, 10 en la ciudad de Cutervo, 24 en la ciudad de Chota y 28 en la ciudad de Cajamarca. Los valores de

los resultados obtenidos sobre el índice de reducción sonora de los muros de concreto oscilaron entre los 25.7 dB hasta los 42.7 dB.

Con respecto a la comparación entre los valores del índice de reducción sonora de los muros de concreto medidos en campo y los valores de referencia estipulados por las normativas NCh 352 e ISO 717 se tuvo:

- Según la Tabla 28 un 69.23% de los muros de concreto analizados en la ciudad de Jaén, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 30.77% de los muros de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 30 un 60.00% de los muros de concreto analizados en la ciudad de Cutervo, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 40.00% de los muros de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 32 un 70.83% de los muros de concreto analizados en la ciudad de Chota, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 29.17% de los muros de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 34 un 67.86% de los muros de concreto analizados en la ciudad de Cajamarca, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 32.14% de los muros de concreto restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Desde un punto de vista general el 68.00% de los valores del índice de reducción sonora de los 75 muros de concreto superaron el mínimo valor aceptable por las

normativas NCh 352 e ISO 717, caso contrario del 32.00% de los muros de concreto restantes.

5.4. Losas aligeradas y su aislamiento acústico

Según la Tabla 35 se analizaron un total de 75 losas aligeradas en las cuatro ciudades visitadas en la región de Cajamarca; 19 en la ciudad de Jaén, 17 en la ciudad de Cutervo, 22 en la ciudad de Chota y 17 en la ciudad de Cajamarca. Los valores de los resultados obtenidos sobre el índice de reducción sonora de las losas aligeradas oscilaron entre los 24.9 dB hasta los 44.5 dB.

Con respecto a la comparación entre los valores del índice de reducción sonora de las losas aligeradas medidas en campo y los valores de referencia estipulados por las normativas NCh 352 e ISO 717 se tuvo:

- Según la Tabla 37 un 68.42% de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Jaén, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 31.58% de las losas aligeradas restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 39 un 41.18% de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cutervo, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 58.82% de las losas aligeradas restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 41 un 63.64% de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Chota, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 36.36% de las losas aligeradas restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.
- Según la Tabla 43 un 70.59% de las losas aligeradas analizadas en la ciudad de Cajamarca, superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e

ISO 717 en la Tabla 2, mientras que el 29.41% de las losas aligeradas restantes no superaron el valor mínimo requerido por las normativas NCh 352 e ISO 717.

- Desde un punto de vista general el 61.33% de los valores del índice de reducción sonora de las 75 losas aligeradas superaron el mínimo valor aceptable por las normativas NCh 352 e ISO 717, caso contrario del 38.67% de las losas aligeradas restantes.

Analizando los resultados de forma global se entiende que, de los 300 sistemas constructivos analizados en la región cajamarquina, solo un total de 170 arrojaron índices de reducción que fueron mayores o iguales a los valores planteados por la normativa NCh 352 e ISO 717, caso contrario de los 130 restantes, haciendo saber que un 43.33% de los sistemas constructivos analizados en la región no tienen un aislamiento acústico adecuado.

Esta situación evidencia una seria preocupación en cuanto al comportamiento acústico de los sistemas constructivos analizados. El bajo cumplimiento puede atribuirse a un sinfín de causas, como la baja masa superficial de los elementos, el uso de materiales livianos o con una densidad menor a la requerida, deficiencias en el proceso constructivo, un mal diseño arquitectónico que hace que el sonido filtrado dentro de las edificaciones por flanqueo se incremente por distintos fenómenos sonoros como la reverberación, entre otras posibilidades que contribuyeron con el aislamiento acústico precario de los sistemas constructivos analizados en las cuatro ciudades más representativas de la región de Cajamarca. La situación descrita pone en evidencia la urgente necesidad de replantear los criterios de diseño y construcción en función del confort acústico que tendrían que brindar las edificaciones, especialmente en áreas urbanas donde la exposición al ruido es de carácter constante.

Cabe recalcar que los procedimientos realizados en la presente investigación en base a las normativas ISO 16283, ISO 717 y la NCh 352, difieren de forma significativa de los métodos comúnmente utilizados en el contexto nacional, donde el estudio del aislamiento acústico de los sistemas constructivos es aún limitado y carece de un marco normativo y metodológico consolidado. Esta discrepancia evidenciada por los antecedentes revisados en esta investigación, pone en manifiesto la urgente necesidad de implementar estudios que aborden el tema acústico de los sistemas constructivos, con el fin de tener más adelante herramientas técnicas adecuadas que permitan evaluar y mejorar el desempeño acústico de las edificaciones en la región de Cajamarca y el país.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Al evaluar el comportamiento acústico de los muros de mampostería con bloques de arcilla en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes a la región de Cajamarca, se determinó que un 44.00% no alcanzaron los valores mínimos del índice de reducción sonora (R_w) establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Este resultado evidenció un aislamiento acústico deficiente en un porcentaje significativo de los casos analizados. Dicha situación debe ser tomada en cuenta ya que el bloque de arcilla cocido es uno de los elementos constructivos más usados en la región.
- Al evaluar los muros de mampostería con bloques de concreto en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes a la región de Cajamarca, se determinó que un 58.67% de estos presentaron índices de reducción sonora (R_w) inferiores a los valores mínimos establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717; evidenciando que el uso de bloques de concreto huecos en fachadas o muros perimetrales no representa una solución acústica adecuada, especialmente si no se fabrican bajo criterios técnicos rigurosos, con materiales de calidad y procesos constructivos adecuados. Esta problemática fue particularmente notoria en la ciudad de Cutervo, donde se registró la mayor concentración de edificaciones construidas a base de este tipo de sistemas constructivos.
- Al evaluar los muros de concreto en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes a la región de Cajamarca, se determinó que solo el 32.00% de estos no alcanzaron los valores mínimos del índice de reducción sonora (R_w) establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Este resultado

reflejó el buen desempeño acústico del concreto macizo frente a la transmisión de ruidos externos como internos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que su buen comportamiento puede verse afectado por la calidad de los materiales empleados y los procesos constructivos aplicados durante la ejecución de las edificaciones.

- Al evaluar las losas aligeradas en las ciudades de Jaén, Chota, Cutervo y Cajamarca, pertenecientes a la región de Cajamarca, se determinó que un 38.67% de estas no alcanzaron los valores mínimos del índice de reducción sonora (R_w) establecidos por las normativas NCh 352 e ISO 717. Este resultado, no obstante, también evidenció el óptimo comportamiento acústico del concreto macizo que forma parte de este sistema constructivo, en combinación con los ladrillos huecos de concreto. Cabe recalcar que este tipo de sistemas constructivos no solo son capaces de proteger frente al ruido exterior, sino también contribuir con el confort acústico entre los recintos interiores de una edificación, por lo cual se debería profundizar el estudio de su desempeño ante los ruidos estructurales y de impacto.
- Finalmente, como resultado de la evaluación del aislamiento acústico de los sistemas constructivos de la región de Cajamarca, y de la comparación de los valores obtenidos con los establecidos en las normativas NCh 352 e ISO 717, se llegó a la conclusión de que solo un 56.67% del total alcanzó los valores mínimos requeridos del índice de reducción sonora, indicando su buen comportamiento acústico ante el ruido aéreo generado por el tráfico vehicular. Sin embargo, el valor el porcentaje que no llegó a cumplir con los valores requeridos por la norma, sin bien no representa una situación crítica, si es motivo

de preocupación, ya que evidencia una posible falta de control en el diseño, la calidad de los materiales y el proceso constructivo llevados a cabo.

6.2. Recomendaciones

- Se debe optimizar las prácticas constructivas y de diseño en función del confort acústico requerido por las edificaciones de la región, revisando y reforzando los criterios técnicos que rigen el diseño de los sistemas constructivos utilizados en la región de Cajamarca.
- Se recomienda usar materiales de calidad y procesos constructivos adecuados que puedan garantizar un buen desempeño acústico en las edificaciones de la región de Cajamarca.
- Se debe promover la incorporación de estándares internacionales, como las normativas ISO 16283 e ISO 717 dentro del marco regulador peruano de la construcción, permitiendo así establecer criterios técnicos de carácter uniforme que garanticen el confort acústico en las edificaciones.
- Se debe de incentivar a la investigación del aislamiento acústico y temas que tengan relación con este dentro del campo de la ingeniería civil, promoviendo su estudio desde la formación universitaria y en el ejercicio de la profesión.

REFERENCIAS

- Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., & Monroy Sepúlveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 45-56. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91125275003.pdf>
- Alonso, A. d. (2003). Contaminacion acustica y salud. *Observatorio Medioambiental*, 73-95.
- Altayeva, A. (2024). Exploring the impact of impulsive urban sounds and noise on open sports training through real-time AI sound analysis. *Retos*, 755-763. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v60.109431>
- Álvarez Balandra, A. C., & Álvarez Tenorio, V. (2014). *Métodos en la Investigación Educativa*. Distrito Federal: Horizontes Educativos. Obtenido de <https://www.aefcm.gob.mx/dgenam/desarrollo-profesional/archivos/biblioteca/metodos-invet-educ.pdf>
- Artigos, G. (2024). Influence of the room on sound perception: experiments in an anechoic chamber and reverberant chamber. *Scielo*. doi:<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0389>
- Balbotín, S. (2023). The aesthetic experience of sound in space. a philosophical contrast between architectural space and sound space. *Quintana*, 22-48. doi:<https://doi.org/10.15304/quintana.22.8209>
- Barros, C., & Sarabia, M. (2016). *Sistemas constructivos básicos*. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María.

- Beranek, L. (1992). *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Beristáin, S. (2012). *Acústica Arquitectónica*. México: Primera Edición.
- Caballol, D., Rodríguez, A., Medina, E., & Díaz, C. (2013). Acoustic insulation between large-volume superimposed rooms with thin slabs in one direction. *Revista de la Construcción*, 47-52.
- Cabrera Ortiz, J. (2020). *Acústica y fundamentos del sonido*. Bogotá: UNAD.
- Campo Valera, M., Rodríguez Rodríguez, I., & Rodríguez Rodríguez, J. (2023). *Conceptos básicos de la ciencia del sonido en el mar*. Málaga: Uma Editorial.
doi:<https://doi.org/10.24310/mumaedmumaed.47>
- Carrillo, J., Alcocer, S. M., & González, G. (2012). Experimental evaluation of damping factors in concrete walls for housing. *Ingeniería e Investigación*, 42-46.
doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v32n3.35939>
- Carrion, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: Ediciones UPC.
- Casado García, M. (2010). *Redes de ponderación acústica*. León: Escuela de Ingenierías de la Universidad de León.
- Cesva Instruments. (s.f.). *Cesva*. Obtenido de Guía de uso del sonómetro SC420:
<https://www.cesva.com>
- Echeverri Londoño, C. A., & González Fernández, A. E. (2019). Predicción del ruido proveniente de los aerogeneradores: estudio teórico y experimental. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad de Antioquia*.
doi:<https://doi.org/10.17533/udea.redin.n90a04>

- Ede C, M., Lesvia Perez, L., & Celso E., L. (2014). Sound insulation parameters of a roof prototype built with ecological materials. *Revista Técnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, 1-14.
- Gonzales Pérez, J. Á., Blanco Roldan, G., Entrenas Angulo, J., & Sola Guirado, R. (2020). Control del aislamiento acústico al ruido aéreo entre particiones interiores en obra terminada según la normativa CTE-DB-HR. *Dyna, Ingenieria e Industria*, 175-180. doi:<https://doi.org/10.6036/9176>
- Gualberto Valderrama, C. (2005). *PeruTopTours*. Obtenido de <https://www.perutoptours.com/>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodlogia de la Investigacion*. Mexico: McGrawHill.
- Huamán Quinallata, , M. C. (2022). *Evaluación y control del ruido ocupacional mediante un modelo de aislamiento acústico en una planta industrial de fabricación de adoquines, Arequipa – 2022*. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6269>
- Instituto Nacional de Normalización. (2000). *NCh 352/1: Aislación acústica – Parte 1: Construcciones de uso habitacional – Requisitos mínimos y ensayos*. Santiago de Chile: INN.
- International Organization for Standardization - ISO 16283. (2016). *Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements*. Switzerland: ISO.
- International Organization for Standardization - ISO 717. (2013). *Evaluation of acoustic insulation in buildings and construction elements*. Switzerland: ISO.

- Martínez Briseño, M. A. (2023). *Arquitectura para zonas de alto nivel de ruido urbano*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mendoca, F., Urgessa, G., & Rocco, J. (2018). Experimental investigation of 50 MPa reinforced concrete slabs subjected to explosion effect. *Ingeniería e Investigación*, 27-33. doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v38n2.65305>
- Niampira Daza, A., & Zamora, J. L. (2019). Acoustic performance in a lightweight ventilated façade for building refurbishment: analysing the impact of variations in airborne sound insulation according to the ventilation characteristics. *Revista de la Construcción.*, 247-257. doi:10.7764/RDLC.18.2.247.
- OSMAN, O. d. (16 de Mayo de 2009). *Ruido y Salud*. Obtenido de https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824
- Palmese, C., & Carles, J. L. (2023). Sound and its multiple resonances. Three projects. *CSIC*, 724-744. doi:<https://doi.org/10.3989/arbor.2023.810004>
- Pérez Mora , F. B., & Fernández Pérez, N. (2024). Sound and space as compositional tools: the use of basilica reverberation as part of a musical composition. *Journal of the faculty of architecture and urbanism of the University of Cuenca*, 31-42. doi:<https://doi.org/10.18537/est.v013.n026.a02>
- Ruiz García, J. (2009). Evaluación de la fragilidad basada en distorsión lateral para muros de mampostería confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 1-24.
- Segura Alcaraz, J., Crespo Amoros, J., Julia Sanchis, E., Nadal Gisbert, A., & Gadea Borrell, J. M. (2013). Study of the acoustic absorption properties of panels made

from ground tire rubbers. *Dyna, Ingeniería e Industria*, 106-111.
doi:<https://doi.org/10.6036/5796>

Tejeda, C., & Moreno, A. (2005). *Acustica de la edificación*. Madrid: Fundacion Escuela de la Edificacion.

Yusof, I., Supie, H., & Ismail, L. (2021). Research Methodology Knowledge between Master and Doctoral Education Research Students. *Geintec - Gestao Inovacao e Tecnologias*, 1831-1840.

Zaldumbide, M. (2018). Evaluación del aislamiento acustico de materiales constructivos de un edificio residencial de la Ciudad de Quito. Universidad de las Americas.

Zhao, X. (2009). Análisis de cuantificación de paisajes acústicos en zonas escénicas costeras: un estudio de caso de la ciudad de Hangzhou, China. *Revista de arquitectura asiática e ingeniería de construcción*, 447-466.
doi:<https://doi.org/10.3130/jaabe.8.379>

ANEXOS

Panel fotográfico



Figura 15. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en la calle Delfín Cerna Cdra. 3.*



Figura 16. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en la calle Jorge Pozo Manrique Cdra. 1.*



Figura 17. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en el Jr. Miguel Grau Cdra. 3.*



Figura 18. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cajamarca ubicada en el Jr. Guillermo Urrelo Cdra. 12.*



Figura 19. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la calle Adriano Novoa Cdra. 2*



Figura 20. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la Av. Todos los Santos Cdra. 7.*



Figura 21. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en el Jr. Cajamarca Cdra. 6.*



Figura 22. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Chota ubicada en la calle Santa. Rosa Cdra. 4.*



Figura 23. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Ramón Castilla Cdra. 9.*



Figura 24. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Lima Cdra. 5.*



Figura 25. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en calle Unión Cdra. 1.



Figura 26. Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Cutervo ubicada en el Jr. Progreso Cdra. 6.



Figura 27. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la calle Atahualpa Cdra. 3.*



Figura 28. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la calle Los Sauces Cdra. 1.*



Figura 29. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en la Av. Pakamuros Cdra. 3.*



Figura 30. *Medición de aislamiento acústico en edificación de la ciudad de Jaén ubicada en el Jr. San Martín Cdra. 19.*



Figura 31. *Visita a Chota - Plaza central de ciudad de Chota.*



Figura 32. *Visita a Cutervo - Plaza central de ciudad de Cutervo.*



Figura 33. *Visita a Jaén - Plaza central de ciudad de Jaén.*



Figura 34. *Visita a Jaén - Universidad Nacional de Cajamarca (Filial Jaén).*

Hoja de cálculo en Excel



CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

FRECUENCIAS	PRESION SONORA EXTERNA	
	Lext.cam	NED
100	56	68.6
125	55.8	
160	56.2	
200	57.3	
250	57.6	
315	57.3	
400	58.4	
500	56.4	
630	57.3	
800	58.1	
1000	55.9	
1250	56.5	
1600	56	
2000	55.1	
2500	54	
3150	53	

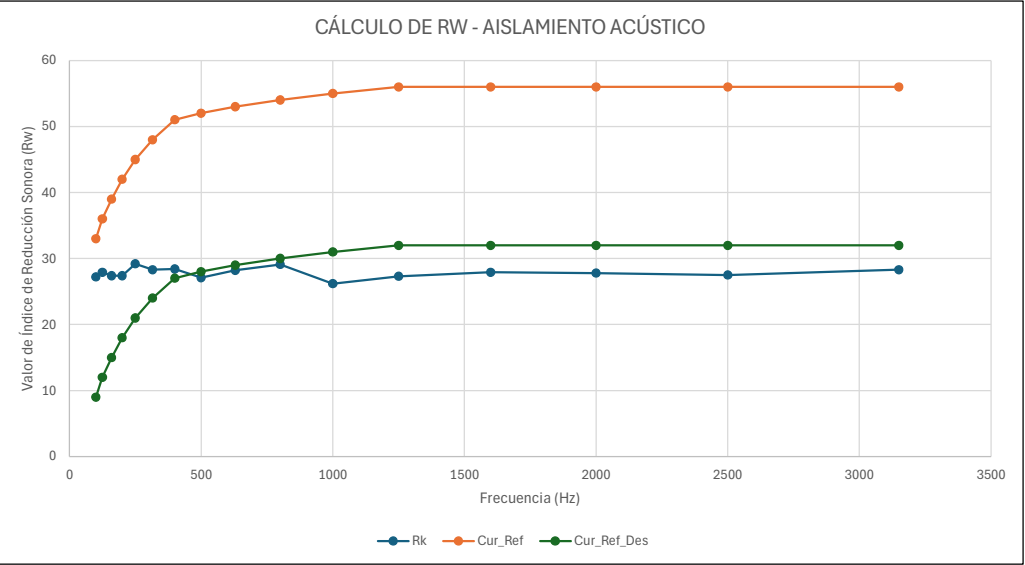
Leyenda:

- Lext.cam:** Nivel de presión sonora externo medido por frecuencia de banda.
NED: Nivel equivalente diurno.
Lint.cam: Nivel de presión sonora interno medido en campo.
Lfondo: Nivel de ruido de fondo.
ΔL: Variación de nivel de presión sonora.
Lint.corr: Nivel de presión sonora interno equivalente corregido.
Lint.eq: Nivel de presión sonora interno equivalente por frecuencia de banda.
Lint.glob: Nivel de presión sonora interno equivalente global
Tr: Tiempo de reverberación.
Rk: Índice de reducción sonora aparente.
Rw: Índice ponderado de reducción sonora
Ctr: Término de adaptación espectral.
Rtr: Índice de reducción sonora corregido en base al espectro.

PRESION SONORA INTERNA																					
Lint.cam 01	Lint.cam 02	Lint.cam 03	Lint.cam 04	Lint.cam 05	Lfondo 01	Lfondo 02	Lfondo 03	Lfondo 04	Lfondo 05	ΔL 01	ΔL 02	ΔL 03	ΔL 04	ΔL 05	Lint.corr 01	Lint.corr 02	Lint.corr 03	Lint.corr 04	Lint.corr 05	Lint.eq	Lint.glob
32.4	29.7	31.1	31.8	31.9	25.4	21.5	23.4	24.8	21.1	7	8.2	7.7	7	10.8	31.4	29	30.3	30.8	31.9	30.8	43.2
31.5	30.3	29.5	31.4	31.7	20.2	21.3	21.5	23	22.2	11.3	9	8	8.4	9.5	31.5	29.7	28.8	30.7	31.2	30.5	
31.3	31.2	30.9	31.7	34.7	22.5	24.1	24.2	24.4	26.7	8.8	7.1	6.7	7.3	8	30.7	30.3	29.9	30.8	34	31.4	
33.6	30.2	30.3	32.2	34.6	26	22.4	22.4	21.1	27.3	7.6	7.8	7.9	11.1	7.3	32.8	29.4	29.5	32.2	33.7	31.9	
33.3	31	30.8	31.7	32.5	26.5	20.4	23.5	23.8	20.8	6.8	10.6	7.3	7.9	11.7	32.3	31	29.9	30.9	32.5	31.4	
33.1	32.4	32.8	31.4	32.2	26.2	20.2	23.2	24.1	21.4	6.9	12.2	9.6	7.3	10.8	32.1	32.4	32.3	30.5	32.2	32	
31.7	32.6	30.4	33.1	34.3	22.8	22.1	23.5	23.2	27	8.9	10.5	6.9	9.9	7.3	31.1	32.6	29.4	32.6	33.4	32	
33.3	29.9	32.1	33.2	33	22.6	22.5	24.3	23.6	25.1	10.7	7.4	7.8	9.6	7.9	33.3	29	31.3	32.7	32.2	31.9	
30.9	31.6	30.2	32.2	34.2	23.9	21.5	22.2	21.2	24.4	7	10.1	8	11	9.8	29.9	31.6	29.5	32.2	33.7	31.7	
33.7	29.7	30.7	33.2	33.7	26.9	22.5	22	23.8	23.4	6.8	7.2	8.7	9.4	10.3	32.7	28.8	30.1	32.7	33.7	32	
33	31.6	29.9	32.2	33.4	20.9	21.9	21.1	25.1	24.9	12.1	9.7	8.8	7.1	8.5	33	31.1	29.3	31.3	32.7	31.7	
32	30.8	31.6	31.6	32.2	20.8	23.4	23	22	23.5	11.2	7.4	8.6	9.6	8.7	32	29.9	31	31.1	31.6	31.2	
31	30.1	29.8	31.1	33.2	23.7	21	22.6	21.4	23	7.3	9.1	7.2	9.7	10.2	30.1	29.5	28.9	30.6	33.2	30.7	
30.4	30.8	30.3	30.1	30.9	21.9	23.5	23.1	22	20.7	8.5	7.3	7.2	8.1	10.2	29.7	29.9	29.4	29.4	30.9	29.9	
30.8	29.6	29.5	29.6	30.1	23.2	22.7	21.6	21.9	22.4	7.6	6.9	7.9	7.7	7.7	30	28.6	28.7	28.8	29.3	29.1	
28.8	28.3	27.5	29.3	29.1	21.6	21	20.5	22.6	21.4	7.2	7.3	7	6.7	7.7	27.9	27.4	26.5	28.3	28.3	27.7	

AISLAMIENTO ACUSTICO										
Tr	Rk	Esp_ N°2	Df Corr	Cur_ Ref	Cur_ Ref_Des	Desv_ Desf	Rw	Ctr	Rtr	Condicion
0.8	27.2	-20	-47.2	33	9	0	28	-0.4	27.6	No cumple
0.9	27.9	-20	-47.9	36	12	0				
0.9	27.4	-18	-45.4	39	15	0				
0.8	27.4	-16	-43.4	42	18	0				
1	29.2	-15	-44.2	45	21	0				
1	28.3	-14	-42.3	48	24	0				
0.8	28.4	-13	-41.4	51	27	0				
0.9	27.1	-12	-39.1	52	28	0.9				
0.9	28.2	-11	-39.2	53	29	0.8				
1	29.1	-9	-38.1	54	30	0.9				
0.8	26.2	-8	-34.2	55	31	4.8				
0.8	27.3	-9	-36.3	56	32	4.7				
0.9	27.9	-10	-37.9	56	32	4.1				
0.9	27.8	-11	-38.8	56	32	4.2				
0.9	27.5	-13	-40.5	56	32	4.5				
1	28.3	-15	-43.3	56	32	3.7				
			Dezplaz.	24	Σ Desv_ Desf	28.6				

Gráfica para cálculo de Rw:



Informe de laboratorio



INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL DE RUIDO PARA LA TESIS: "EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA"

INFORME N°: RA-0021-F&D-2025/CAJ

FECHA: 28/01/2025

Página 1 de 32



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTA DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

TESIS: "EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA"



UBICACIÓN:

DISTRITO: CAJAMARCA

PROVINCIA: CAJAMARCA

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA


Ing. Gerzon F. Domínguez Silva
CIP: 286744
CAJAMARCA, 2025


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LAA-0025-2024

Id. N°: 0000744413

Página 1 de 2

- Expediente** : 000650
- Fecha de emisión** : 2024-04-23
- 1. Solicitante** : F & D SOMA SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.
- Dirección** : JR. GUADALUPE NIÑO 116 BAR. SAN SEBASTIAN CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA
- 2. Instrumento calibrado** : SONÓMETRO
- Clase** : 1
- Marca** : CIRRUS RESEARCH PLC
- Modelo** : CR 171B
- N° de serie** : G056947
- Alcance** : 30 dB a 130 dB
- Resolución** : 0,1 dB
- Código** : EQ-001(*)
- Procedencia** : ESPAÑA
- 3. Lugar de calibración** : LABORATORIO DE ACÚSTICA DE ALAB
- 4. Fecha de calibración** : 2024-04-22
- 5. Método de calibración** :

La calibración se realizó tomando como referencia el PC-023 Procedimiento para calibración de sonómetros. Primera Edición - enero 2017. IIJACAL

6. Trazabilidad:

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTA-024	Calibrador acústico multifunción	CDK2308119 / HBK



Andy R. Yause Cisneros
Responsable de Laboratorio

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.



7. Condiciones de calibración:

	Inicial	Medio	Final
Temperatura ambiental (°C)	22,8	22,9	23,1
Humedad relativa (RH%)	60,8	60,7	65,7
Presión (hPa)	1 005,3	1 005,7	1 005,9

8. Resultados:

ENSAYO CON SEÑAL ACÚSTICA

Ponderación frecuencial A con ponderación temporal F

Frecuencia (Hz)	VCV (dB)	Lectura instrumento (dB)	Error (dB)	Incertidumbre
1000	94,0	94,1	0,1	0,29
1000	104,0	104,0	0,0	0,29
1000	114,0	114,0	0,0	0,29

El valor convencionalmente verdadero (VCV) resulta de la relación:

$$VCV = \text{Lectura instrumento} - \text{error}$$

9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO. N°: IM-04722.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO

♦ SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129www.alab.com.pe
Ing. Gerzon F. Domínguez Silva
CIP. 286744



INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL DE RUIDO PARA LA
TESIS: "EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA"

INFORME N°: RA-0022-F&D-
2025/CAJ

FECHA: 28/01/2025

Página 1 de 46



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTA DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

TESIS: "EL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
LA REGIÓN DE CAJAMARCA"



UBICACIÓN:

DISTRITO: CAJAMARCA

PROVINCIA: CAJAMARCA

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA


Lig. Gerzon F. Domínguez Silva
CIP. 286744


CAJAMARCA, 2025

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LAA-0033-2024

Id. N°: 0000744414

Página 1 de 2

- Expediente** : 000626
- Fecha de emisión** : 2024-04-23
- 1. Solicitante** : F & D SOMA SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.
- Dirección** : JR. GUADALUPE NRO. 116 BAR. SAN SEBASTIAN CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA
- 2. Instrumento calibrado** : SONÓMETRO
- Clase** : 1
- Marca** : BSWA TECH
- Modelo** : 308
- N° de serie** : 570251
- Alcance** : 29 dB a 131 dB
- Resolución** : 0,1 dB
- Código** : EQ-001(*)
- Microfóno** : BSWA 231
- Procedencia** : Taiwan
- 3. Lugar de calibración** : LABORATORIO DE ACÚSTICA DE ALAB
- 4. Fecha de calibración** : 2024-04-22
- 5. Método de calibración** :

La calibración se realizó tomando como referencia el PC-023 Procedimiento para calibración de sonómetros. Primera Edición - enero 2017. INACAL

6. Trazabilidad:

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTA-024	Calibrador acústico multifunción	CDK2308119 / HBK



Andy R. Yause Cisneros
Responsable de Laboratorio

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.



Ing. Gerzon F. Dominguez Silva
CIP. 286744



SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

7. Condiciones de calibración:

		Inicial	Medio	Final
Temperatura ambiental (°C)	:	22,8	22,9	23,1
Humedad relativa (RH%)	:	60,8	60,7	65,7
Presión (hPa)	:	1 005,3	1 005,7	1 005,9

8. Resultados:**ENSAYO CON SEÑAL ACÚSTICA****Ponderación frecuencial A con ponderación temporal F**

Frecuencia (Hz)	VCV (dB)	Lectura instrumento (dB)	Error (dB)	Incertidumbre
1000	94,0	94,1	0,1	0,29
1000	104,0	104,0	0,0	0,29
1000	114,0	114,0	0,0	0,29

El valor convencionalmente verdadero (VCV) resulta de la relación:

$$VCV = \text{Lectura instrumento} - \text{error}$$

9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO. N°: IM-04722.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO


Ing. Gerzón F. Domínguez S.
CIP. 286744
**SEDE PRINCIPAL**Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Guardia Chalaca N°1877, distrito de Bellavista, provincia Constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2023

Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2027



Firmado digitalmente por AGUILAR
RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600283015 soft
Fecha: 2023-09-13 18:32:08
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Codular N° 234-2023-INACAL/DA
Adenda N° 04 del contrato N° 025-16-INACAL-DA
Registro N° LE-096



Fecha de emisión: 13 de setiembre de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alvarado de Acreditación y sólo de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación de INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Inter national Accreditation Co-operation (IFAC).

DA-acr-01F-02M Ver. 03

DNC: Documento No Controlado

DE-LAB-66-3

