



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA GENERADA
POR LA MAQUINARIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA EN LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JOEL RICHARD HOLGUIN BAILON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A mi padre que desde el cielo me apoya, a mi madre Fortunata Bailón Limachi por su lucha incansable en brindarme educación, a mis hermanos por su apoyo incondicional, a todos mis amigos y compañeros con los que he compartido buenos momentos de vida universitaria.

Joel Richard Holguín Bailón



AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por mantener en vida a mi madre a quien debo este logro.
- A mi asesor de tesis y mis jurados por su apoyo, comprensión y dirección en la presente investigación, así como a todos mis docentes por las enseñanzas impartidas en las aulas universitarias.
- A la Municipalidad Provincial de Puno por permitirme realizar la investigación.
- A los ingenieros de la obra por su apoyo incondicional.
- Al personal obrero que estuvo al frente de la obra controlando el avance con quienes compartí conocimientos.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 PROBLEMA GENERAL.....	20
1.2.1 PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	20
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	21
1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	21
1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.7 HIPÓTESIS.....	23
1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL	23
1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	23

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.2 BASES TEORICAS	29
2.2.1 DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LA OBRA PÚBLICA.....	29
2.2.1.1 MAQUINARIAS EN OBRAS PÚBLICAS.....	29
2.2.2 SONIDO.....	30
2.2.2.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SONIDO.....	31



2.2.2.2	PROPIEDADES DE LAS ONDAS SONORAS	32
2.2.2.3	PROPIEDADES ONDULATORIAS DEL SONIDO	34
2.2.2.4	CUALIDADES DEL SONIDO	37
2.2.2.5	PROPAGACIÓN DEL SONIDO	41
2.2.2.6	EL EFECTO DOPPLER	41
2.2.3	CONTAMINACIÓN SONORA.....	42
2.2.4	RUIDO	43
2.2.4.1	TIPOS DE RUIDO.....	43
2.2.4.2	UNIDAD DE MEDIDA DEL RUIDO	44
2.2.5	BASE NORMATIVA Y LEGAL	45
2.2.6	ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO	46
2.2.7	NIVELES DE RUIDO QUE PRODUCEN DIFERENTES ACTIVIDADES Y MAQUINARIAS.....	48
2.2.8	EFFECTOS DEL RUIDO	49
2.2.8.1	EFFECTOS NO AUDITIVOS	49
2.2.8.2	EFFECTOS AUDITIVOS	55
2.2.9	MITIGACIÓN DE RUIDO	58
2.2.10	PROTECCIÓN DEL PERSONAL CONTRA EL RUIDO	59
2.2.11	DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO LABORAL.....	59

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	LUGAR DE ESTUDIO.....	61
3.2	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	62
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.3.1	POBLACIÓN	63
3.3.2	MUESTRA.....	63
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	64
3.5	METODOLOGÍA	64
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	64

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	NIVEL DE RUIDO GENERADO POR LA MAQUINARIA PESADA Y EQUIPOS LIVIANOS	75
------------	--	-----------



4.2 COMPARACIÓN DEL RUIDO GENERADO DE LAS MAQUINARIAS CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA).....	77
4.3 RESPECTO AL NIVEL DE RUIDO AL CUAL ES SOMETIDO DURANTE LOS TRABAJOS EL PERSONAL OBRERO.....	79
4.4 RESPECTO A LOS EFECTOS DEL RUIDO GENERADO POR LAS MAQUINARIAS A LA POBLACION MORADORA Y RESIDENTE DE LA AV. SIMON BOLIVAR.....	82
4.5 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	93
V. CONCLUSIONES.....	95
VI. RECOMENDACIONES	97
VII. REFERENCIAS.....	98
ANEXOS.....	104

TEMA: Evaluación de la contaminación sonora generada por la maquinaria

ÁREA : Medio Ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 02 de diciembre de 2020



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Propagación de una perturbación en un tubo.....	31
Figura 2: a) Elongaciones longitudinales, b) desplazamiento de puntos, c) variación de presión	32
Figura 3: Características de una onda.....	33
Figura 4: a) Reflexión del sonido b) Absorción del sonido	35
Figura 5: Representación de varios fenómenos que ocurren cuando una onda sonora atraviesa medios de diferentes características.....	36
Figura 6: a) Efecto de la difracción a altas frecuencias, b) Efecto de difracción a bajas frecuencias	36
Figura 7: Propagación de las ondas sonoras emitidas por un foco puntual.....	38
Figura 8: Grafica logarítmica que muestra el intervalo de intensidades en función de la frecuencia y las Curvas de Fletcher y Munson	39
Figura 9: Comparación de frecuencia de un tono grave y agudo	40
Figura 10: Formación de una onda compleja.....	41
Figura 11: a) Avión (fuente sonora puntual), b) Autovía (fuente sonora lineal)	41
Figura 12: Percepción del sonido según la distancia.....	42
Figura 13: Curva de efectos de molestia según el nivel de ruido	50
Figura 14: Curva de efectos de alteración de sueño según nivel de ruido.....	51
Figura 15: Curva de efectos de enfermedades cardíacas según nivel de ruido.....	52
Figura 16: Curva de efectos y alteraciones de capacidad cognitiva según nivel de ruido	53
Figura 17: Representación del oído.....	56
Figura 18: Representación gráfica del campo auditivo humano.....	56
Figura 19: Ubicación del Distrito de Puno	61



Figura 20: Ubicación de la Obra	62
Figura 21: Sonómetro PRASEK®PREMIUN PR-352	65
Figura 22: Distancia de punto de monitoreo de la fuente sonora.....	65
Figura 23: GPS Garmin Etrex 10	67
Figura 24: Jerarquía de trabajos y tareas	69
Figura 25: Ejemplo comportamiento del ruido durante la jornada laboral.....	69
Figura 26: Comparación del nivel de ruido generado por las maquinarias pesadas	75
Figura 27: Comparación del nivel de ruido generado por los equipos livianos	77
Figura 28: Comparación del ruido generado por la maquinaria pesada con el (ECA) ...	78
Figura 29: Comparación del ruido generado por los equipos livianos con el (ECA)	79
Figura 30: Datos sociodemográficos sobre sexo.....	83
Figura 31: Datos sociodemográficos sobre edad	84
Figura 32: Datos sociodemográficos sobre nivel de instrucción	84
Figura 33: Sensibilidad y molestias del ruido generado por las maquinarias.....	85
Figura 34: Actitudes frente al ruido	86
Figura 35: Molestias en el interior de las viviendas por el ruido y deterioro del bienestar y/o confort.....	87
Figura 36: Molestias por el ruido durante las actividades y satisfacción del ambiente acústico durante la ejecución de la obra	88
Figura 37: Actividades interrumpidas por el ruido	89
Figura 38: Percepción del efecto de ruido al descanso o reposo, trauma acústico, irritabilidad.....	91
Figura 39: Efectos fisiológicos generados por el ruido	92
Figura 40: Resultados de la prueba t de student de una muestra de datos.....	94
Figura 41: Grafica de distribución T	94



Figura 42: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Autohormigonera Carmix	107
Figura 43: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Minicargador CAT.....	109
Figura 44: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Motoniveladora.....	111
Figura 45: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Rodillo Vibratorio.....	113
Figura 46: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Retroexcavadora	115
Figura 47: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Cargador Frontal.....	117
Figura 48: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Volquete	119
Figura 49: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Rotomartillo.....	121
Figura 50: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Cortadora.....	123
Figura 51: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Mezcladora	125
Figura 52: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Apisonadora.....	127
Figura 53: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Vibradora de Concreto	129
Figura 54: Medición de la distancia con un flexómetro	160



Figura 55: Ubicación de puntos para elaboración de mapa de ruido	160
Figura 56: Monitoreo de ruido durante los trabajos de conformación de base granular	160
Figura 57: Monitoreo de ruido durante trabajos de excavación para sardinel en veredas	160
Figura 58: Monitoreo de ruido durante los trabajos de compactación de base granular	160
Figura 59: Monitoreo de ruido durante los trabajos de acabado en veredas	160
Figura 60: Monitoreo de ruido de motoniveladora	161
Figura 61: Monitoreo de ruido de rotomartillo	161
Figura 62: Monitoreo de ruido de volquete	161
Figura 63: Monitoreo de ruido durante trabajos de encofrado de sardinel.....	161
Figura 64: Monitoreo de ruido de minicargador.....	161
Figura 65: Monitoreo de ruido de la apisonadora.....	161
Figura 66: Monitoreo de ruido de cargador frontal.....	162
Figura 67: Monitoreo de ruido de mezcladora de concreto	162
Figura 68: Monitoreo de ruido de autohormigonera	162
Figura 69: Monitoreo de ruido de retroexcavadora.....	162
Figura 70: Monitoreo de ruido de cortadora de concreto	162
Figura 71: Monitoreo de ruido de vibradora de concreto.....	162
Figura 72: Encuesta realizada a los moradores en tiendas comerciales	163
Figura 73: Encuesta realizada en locales de venta de ladrillos.....	163
Figura 74: Encuesta realizada en locales de venta de yeso	163
Figura 75: Encuestas realizadas en locales de venta de medicamentos	163
Figura 76: Encuestas realizadas en tienda de repuesto de automóviles	163



Figura 77: Encuestas realizadas en tienda de abarrotes en general.....	163
Figura 78: Encuesta realizada a los comerciantes de venta de abarrotes	164
Figura 79: Encuesta realizada a los comerciantes ambulantes	164
Figura 80: Encuesta realizada a los comerciantes de venta de productos de limpieza .	164
Figura 81: Encuestas realizadas a los comerciante de venta de frutas	164
Figura 82: Encuestas realizadas en tiendas de venta de materiales de construcción	164
Figura 83: Encuestas realizadas a comerciantes de venta de producto alimenticios	164
Figura 84: Encuesta realizada a ambulantes de la zona	165
Figura 85: Encuesta realizada a comerciantes de venta de productos alimenticios	165
Figura 86: Encuesta realizada en locales de venta de frutas en general.....	165
Figura 87: Encuestas realizadas a comerciantes de venta de productos lácteos	165
Figura 88: Encuestas realizadas a la población residente y moradora de la zona.....	165
Figura 89: Encuestas realizadas en tienda de abarrotes en general.....	165



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximo permisibles de nivel de ruido	47
Tabla2: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.....	47
Tabla 3: Presión sonora de algunas fuertes características	48
Tabla 4: Niveles de presión sonora correspondiente a sonidos, ruidos típicos y valoración subjetiva asociada	48
Tabla 5: Niveles de ruido de equipos y maquinaria	49
Tabla 6: Niveles de ruido de las diferentes máquinas y equipos	49
Tabla 7: Operacionalización de variables.....	64
Tabla 8: Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.....	68
Tabla 9: Desviación estándar según el tipo de instrumento utilizado	72
Tabla 10: Tiempo máximo de exposición al ruido.....	73
Tabla 11: Nivel de ruido generado por las maquinarias pesadas.....	75
Tabla 12: Nivel de ruido generado por los equipos livianos	76
Tabla 13: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en trabajos de base granular E=0.20m para ciclovía	80
Tabla 14: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en sardineles – encofrado y desencofrado Hprom 0.40m	81
Tabla 15: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en concreto en veredas coloreado incluye acabado y bruñado.....	81
Tabla 16: Datos para la prueba de hipótesis	93
Tabla 17: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Autohormigonera Carmix.....	106
Tabla 18: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Minicargador.....	108
Tabla 19: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Motoniveladora	110
Tabla 20: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Rodillo vibratorio	112



Tabla 21: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Retroexcavadora.....	114
Tabla 22: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Cargador Frontal	116
Tabla 23: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Volquete	118
Tabla 24: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Rotomartillo	120
Tabla 25: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Cortadora	122
Tabla 26: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Mezcladora de Concreto.....	124
Tabla 27: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Apisonadora.....	126
Tabla 28: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Vibradora de Concreto	128
Tabla 29: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular E=0.20M. (Agregado producido)C/Equipo para ciclovía (primera jornada laboral)...	130
Tabla 30: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular E=0.20M. (Agregado producido)C/Equipo para ciclovía (segunda jornada laboral) ...	131
Tabla 31: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular E=0.20M. (Agregado producido)C/Equipo para ciclovía (tercera jornada laboral)	132
Tabla 32: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular e=0.20m. (Agregado producido) c/equipo para ciclovía	133
Tabla 33: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M (primera jornada laboral)	134
Tabla 34: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M (segunda jornada laboral)	135
Tabla 35: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M (tercera jornada laboral)	136
Tabla 36: Resultado del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M.....	137



Tabla 37: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H F'C= 210 kg/cm ² E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (primera jornada laboral)	138
Tabla 38: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H F'C= 210 kg/cm ² E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (segunda jornada laboral)	139
Tabla 39: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H F'C= 210 kg/cm ² E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (tercera jornada laboral).....	140
Tabla 40: Resultado del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H F'C= 210 kg/cm ² E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado	141
Tabla 41: Correlación total de elementos	146
Tabla 42: Prueba de KMO y Bartlett.....	147
Tabla 43: Varianza total explicada.....	149
Tabla 44: Matriz de componentes rotados.....	150
Tabla 45: Estadísticas de fiabilidad.....	150
Tabla 46: Sexo	153
Tabla 47: Edad	153
Tabla 48: Nivel de instrucción.....	153
Tabla 49: ¿Qué tan sensible es al ruido? (si le molesta o perturba cualquier tipo de sonido probablemente sea usted sensible al ruido)	154
Tabla 50: ¿Cuánto le molesta o perturba el ruido generado por las maquinarias en la obra?	154
Tabla 51: ¿Lo ha preocupado o preocupa la posibilidad de tener algún daño auditivo por causa de la exposición al ruido?.....	154



Tabla 52: ¿Siente la necesidad de que se deben tomar medidas de protección auditiva frente a altos niveles de ruido?.....	155
Tabla 53: ¿Qué tan molesto siente al ruido en el interior de su vivienda o local de trabajo?	155
Tabla 54: ¿En cuánto considera que el ruido ambiental deteriora su bienestar y/o confort?.....	155
Tabla 55: ¿En cuánto considera que el ruido ambiental perturba o interrumpe sus actividades?.....	156
Tabla 56: ¿Qué tan satisfecho esta con el ambiente acústico durante la ejecución de la obra?	156
Tabla 57: ¿Siente que el ruido interrumpe su conversación?	156
Tabla 58: ¿Siente que el ruido le interrumpe al escuchar música y/o ver televisión?...	157
Tabla 59: ¿Siente que el ruido interrumpe su estudio y/o lectura?	157
Tabla 60: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que interrumpe su descanso o reposo?.....	157
Tabla 61: ¿Ha sentido la sensación de haber sufrido trauma acústico por causa del ruido?.....	158
Tabla 62: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que le genera irritabilidad?	158
Tabla 63: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido dolor de cabeza?.....	158
Tabla 64: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que ha disminuido su concentración?	159
Tabla 65: ¿A consecuencia del ruido usted se ha sentido estresado?.....	159



INDICE DE ACRONIMOS

$L_{p,A}$: nivel de presión sonora ponderado A

$L_{p,A,eqT}$: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

$L_{p,A,eqTe}$: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral

$\bar{L}_{p,A,eqT}$: media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

$L_{EX,8h}$: nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral 8 h

n : número de la medición de la labor de trabajo

N : número total de mediciones de la labor de trabajo

T_e : duración efectiva de la jornada laboral

T_0 : duración de referencia 8h



RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar la contaminación sonora generada por la maquinaria en la construcción de la infraestructura vial urbana en la ciudad de Puno, específicamente en la obra “Mejoramiento de la infraestructura vial de la Avenida Simón Bolívar tramo Jr. Branden-Avenida Floral del distrito, provincia y departamento de Puno”. Los métodos utilizados fueron el diseño observacional, transversal, prospectivo y descriptivo y la población de estudio estuvo conformada por el conjunto de maquinarias utilizadas en la obra; el muestreo fue no probabilístico y para la medición de ruido se utilizó el sonómetro digital Prasek®Premiun modelo PR-352 realizando un cálculo para obtener el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, un Gps Garmin modelo Etrex 10 para obtener coordenadas de los puntos de monitoreo y poder elaborar mapas de ruido en el programa Arcgis para posteriormente compararlo con los estándares de calidad ambiental. Asimismo se realizó un registro del nivel de ruido durante los trabajos en tres jornadas completas para evaluar la dosis de exposición al ruido al que fue sometido el personal obrero y finalmente se realizó una encuesta a moradores y residentes de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno donde se ejecuta la obra para evaluar los efectos del ruido. Los resultados obtenidos muestran que cada maquinaria genera distintos niveles de ruido superando el ruido promedio los estándares de calidad ambiental, siendo la cortadora de concreto la maquinaria que generó mayores niveles de ruido. En cuanto al personal obrero se determinó que de los tres trabajos evaluados en dos de ellas han sufrido una sobredosis de exposición al ruido, mientras que la población encuestada ha sufrido moderada afectación en su concentración y se han sentido bastante estresados.

Palabras Clave: contaminación sonora, nivel de exposición, ruido, decibel



ABSTRACT

The main goal of the present research was evaluate the noise pollution produced by machinery on the construction of the urban road infrastructure in Puno city, specifically at the job site “Improvement of the road infrastructure of Simón Bolívar Avenue, section Branden Street - Floral Avenue of the district, province and Puno department”. The methods used were the observational, cross-wise, prospective and descriptive design and study population was formed by set of machineries used in the building site; The sampling was non-probabilistic and for noise measuring was used the digital sonometer Prasek®Premiun, model PR-352, making a estimate to get the continuous sound pressure level, equivalent to weighted A, a Garmin GPS (global positioning system) model Etrex 10 to obtain coordinates of the points of monitoring and to be able to elaborate noise maps in the Arcgis program to later compare it with the environmental quality standards. In addition, made a noise level register during building site was made in three full days to evaluate the exposition’s dose to noise that were subdued the workers, and finally realized a survey to the dwellers and residents of the Simón Bolívar Avenue from Puno city, it where the job site is carried out to evaluate the noise effects. The results obtained show that each machinery generates different noise levels, exceeding the noise average the standards environmental quality, being the concrete cutter the machinery that generated the highest noise levels. Regarding the staff, it was determined that of the three jobs evaluated, two of them have suffered an overdose of exposure to noise, while that surveyed population has suffered a moderate affectation on their concentration and they have felt enough stressed.

Keywords: noise pollution, exposure level, noise, decibel (dB)



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gran actividad realizada por el hombre a nivel mundial y el crecimiento poblacional ha generado que el ruido sea catalogado como contaminación sonora por la Organización Mundial de la Salud (OMS), por lo que en la actualidad estamos viviendo todos los efectos del impacto ambiental, sobre todo en zonas urbanas. La contaminación sonora es una consecuencia directa no deseada de actividades como el transporte, obras públicas de construcción (carreteras y edificaciones), centros de diversión (discotecas, casinos, conciertos), entre otras, las cuales continúan en aumento (Olivera et al., 2015).

Según el Ministerio de Salud de nuestro país una de las formas de contaminación ambiental es la producida por ruidos, conocida también como contaminación sonora y cataloga a una de las principales fuentes de ruido a la construcción de edificios y obras públicas en las que hay una serie de sonidos provocados por grúas, mezcladoras de cemento, operaciones de soldadura, martilleo, perforación y otros. Además a menudo los equipos de construcción no cuentan con dispositivos como un silenciador, por lo que se realizan las actividades sin considerar el ruido que contamina al ambiente mortificando a la población.

En dicho contexto, la construcción de obras públicas es uno de los sectores que más ocasiona ruido debido a que se utiliza maquinaria para casi todas las actividades pero aún no se toma conciencia del perjuicio que esto puede causar tanto a la población como a los trabajadores y empleados, que consideran el ruido como un riesgo mínimo y sin importancia.



En la ciudad de Puno se construye obras de infraestructura vial en los cuales se hace uso de un gran número de equipos y maquinaria pesada, siendo que la ejecución de éstas siempre debe realizarse en el período más corto posible por lo que se deben realizar muchas actividades al mismo tiempo. Por esta razón los trabajadores se exponen a altos niveles de ruido, además la población es afectada por este tipo de contaminación ambiental no obstante existir normas como la Norma G.050 sobre seguridad durante la construcción y niveles máximos de exposición al ruido en una jornada laboral así como de los estándares de calidad ambiental aprobada mediante el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM con el objetivo de proteger la salud y la calidad de vida de la población.

A pesar de existir la normativa no se toma la debida importancia a este tipo de contaminación ambiental por lo que es necesario realizar una evaluación de los niveles de ruido que emiten las maquinarias y el nivel de ruido al que está sometido el personal obrero durante los trabajos realizados en la jornada laboral y de qué manera se afecta a la población residente y moradora de la obra durante el proceso de ejecución.

Frente a todo lo señalado la contaminación sonora es un problema que existe en la sociedad y que al estar una persona expuesta a altos niveles de ruido puede sufrir daños irreversibles en la salud tales como trastornos fisiológicos, pérdida de capacidad auditiva, desconcentración, estrés, entre otros.

1.2 PROBLEMA GENERAL

- ¿Qué nivel de contaminación sonora genera la maquinaria durante la construcción de infraestructura vial urbana en la ciudad de Puno?

1.2.1 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles son los niveles de ruido generado por la maquinaria pesada y equipos livianos?



- ¿La contaminación sonora generada por las maquinarias superan los estándares de calidad ambiental (ECA)?
- ¿A qué nivel de ruido es sometido durante los trabajos el personal obrero?
- ¿De qué manera afecta el ruido generado por las maquinarias a la población moradora y residente de la Av. Simón Bolívar de la Ciudad de Puno?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La presente investigación se realizó en la obra “MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR TRAMO JR. BRANDEN-AVENIDA FLORAL DEL DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO”

1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La recolección de los datos y el procesamiento de los mismos se desarrollaron en los meses de enero, febrero, marzo y julio del año 2020.

1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se tuvo en la investigación fue no contar con mayor número y tipos de maquinarias, así también las precipitaciones pluviales que dificultaron durante algunas horas el monitoreo respectivo.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Al ejecutar una obra de infraestructura vial en general se hace uso de maquinarias las cuales generan contaminación sonora que al ser utilizadas en zonas urbanas afectan a la salud y calidad de vida de la población, así como afecta al personal que labora en la obra, siendo éstos los principales aspectos a evaluar en la presente investigación.



El personal que labora en obra no cuenta con un conocimiento amplio sobre la contaminación sonora, frente a ésta actitud la investigación aporta a la determinación de dosis del nivel ruido al que un trabajador está expuesto durante los trabajos, además se da a conocer los efectos ocasionados por la contaminación sonora generado por las maquinarias a la población moradora y residente al lugar de ejecución de la infraestructura vial el cual será de suma importancia para servir de referencia para futuras gestiones en materia ambiental.

La importancia de la investigación radica en que amplía el conocimiento sobre la contaminación sonora, la forma de determinación y evaluación del ruido producido por las fuentes sonoras de manera individual, las cuales deberán ser tomadas en cuenta en las construcciones de obras públicas en adelante.

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la contaminación sonora generada por la maquinaria en la construcción de la infraestructura vial urbana en la ciudad de Puno

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los niveles de ruido generado por las maquinarias pesadas y equipos livianos.
- Comparar la contaminación sonora generada por las maquinarias con los estándares de calidad ambiental (ECA)
- Evaluar la dosis de ruido al que es sometido durante los trabajos el personal obrero.
- Evaluar los principales efectos del ruido generado por las maquinarias a la población moradora y residente de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno



1.7 HIPÓTESIS

1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL

- La contaminación sonora generada por la maquinaria en la construcción de la infraestructura vial urbana en la ciudad de Puno afecta de manera negativa.

1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

De acuerdo al tema planteado, la investigación cuenta con una sola variable por lo que los objetivos específicos fueron realizados en materia de comprobación, de las cuales se plantea la siguiente hipótesis específica.

- La contaminación sonora generada por las maquinarias superan los estándares de calidad ambiental (ECA).



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Antecedentes internacionales

Un estudio realizado en Medellín (Colombia) con el objetivo de identificar los efectos en la salud de los trabajadores expuestos al ruido producido por la maquinaria de construcción vial a través recolección de información socio-demográfica analizó la información recolectada y determinó los efectos generados por el ruido en la salud, concluyendo que de acuerdo a la encuesta realizada a los trabajadores existe una relación de proporción directa importante entre la edad, la antigüedad laboral y el tiempo de exposición. A mayor edad y más años de exposición en ambientes ruidosos la afectación auditiva se incrementa llevando a estos individuos a alcanzar niveles de hipoacusia leve, moderada y severa (Ávila et al. 2105). Concluye además que el factor de ruido está presente en los proyectos de construcción vial, por la misma naturaleza de su actividad donde se ve afectado directamente el operario de maquinaria pesada e indirectamente todos los que se encuentran cerca.

Silva y Galindo (2016) evaluaron los impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción con el fin de brindar posibles soluciones para reducir el impacto generados al medio ambiente, llegando a la conclusión que el uso de maquinarias en obras de construcción afecta directamente en la destrucción de ecosistemas, en el desplazamiento de personas, además de generación de ruido en donde se debe hacer control de los niveles sonoros mediante la instalación de mecanismos de ionización y mantenimiento adecuado, el cual garantiza el cumplimiento



de los estándares de la emisión de ruido, además sugiere hacer una programación de transporte de maquinaria con la debida señalización.

Hincapié (2018) evaluó el ruido ambiental generado por las actividades existentes en el desarrollo del proyecto doble calzada fundadores/ciudad porfía etapa 1 (K2+450 sector rochela -K5+097 sector porfía), la metodología aplicada fue que se realizó un monitoreo de niveles de ruido, monitoreo de temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, las cuales reflejaron los resultados concluyendo que los niveles de ruido registradas en dos estaciones cumplen con la norma y no sobrepasan los estándares de calidad ambiental y en una de ellas sobrepasa lo permisible.

Un estudio realizado con el objetivo de realizar una base de datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción para estudios de impacto ambiental en Valdivia (Chile), recolectó datos de niveles de ruido generado por las diferentes maquinarias utilizadas en lugares abiertos a una distancia de referencia, llegando a la conclusión de que ésta metodología empleada para la maquinaria móvil es la más adecuada para predecir niveles de ruido (Mosquera, 2003). Ello debido a que las velocidades y las distancias dentro del sitio de una construcción son relativamente pequeñas, por lo cual los datos de nivel de presión sonora medidos a través de este procedimiento pueden ser realizados de la misma manera que para un equipo fijo, considerando los mismos valores de trayecto y velocidad empleada y de ésta manera poder predecir los niveles de ruido a diferentes distancias.

Aleaga del Salto y Espín (2017) realizaron un estudio sobre el ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído de los operadores del área de producción de productos plásticos de la empresa HOLVIPLAS S.A. tuvo como objetivo constatar el ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído, llegando a determinar un valor de 98,94 dB de presión sonora en 8 horas, el cual directamente afecta a los trastornos



del oído en los operarios. La dosis calculada es 1,16 en 8 horas de trabajo, lo que significa que al ser comparado el tiempo de exposición con el ruido generado, se está sobrepasando el límite permisible en el Decreto Ejecutivo 2393. El nivel de ruido a los operarios en el proceso de mezclado de material se determinó un valor de 86,87 dB, los operarios del proceso de extrusión se determinó un valor de 87,99 dB, los operarios del proceso de acampanado y amarre se determinó un valor de 88,02 dB, los operarios del proceso de molido o recuperación del producto se determinó un valor de 104,71 dB. La sobreexposición a los altos niveles de ruido superiores a 85 dB generó que la dosis sea superior a uno por lo que ocasiona trauma acústico y definitivamente es por la exposición prolongada.

Mieles (2015) evaluó la propagación de los niveles de presión sonora producidos por un rodillo liso vibratorio durante la operación, para el cual la medición de ruido se realizó en una longitud de 80 m en un ambiente sin viviendas y en el segundo caso con una barrera anti ruido, de la evaluación del ruido de la maquinaria logró obtener resultados de un nivel de presión sonora máximos de 86 dBA, la metodología aplicada fue que el micrófono se situara a la altura del orificio de escape y manteniendo con el eje vertical, llegó a la conclusión al usar una pantalla anti ruido que logró una atenuación de 10.1dBA.

- Antecedentes nacionales

El estudio de prevención de riesgos debido al ruido en la Construcción de bermas y veredas por la Empresa J. Cayo en Socabaya-Arequipa (Perú), tuvo como objetivo identificar el ruido, medirlo y evaluarlo con la finalidad de verificar si el personal está expuesto o no al riesgo físico, al analizar el ruido ocupacional llegaron a la conclusión que los trabajadores que se encuentran más expuestos al ruido son el ayudante de la compactadora manual con 93.17 dB, operador de carmix 92.69 dB,



operador de compactadora manual 92.01 dB, vigía de maquinaria 87.45 dB y el que se encuentra menos expuesto es operario de albañilería 83.45 dB; esto debido a que se encuentran dentro de la zona de influencia y a la vez operan los equipos que generan el ruido (Calcina y Cruz, 2018). Los resultados del monitoreo ambiental indicaron que el valor más alto es 83.63 dB y el valor más bajo fue 70.39 dB esto indica que los trabajadores han sido expuestos a un nivel de ruido que superaron los estándares de calidad ambiental.

Licla (2016) realizó una evaluación y percepción social del ruido ambiental generado por el tránsito vehicular en la zona comercial del distrito de Lurín, considera como objetivo evaluar el ruido ambiental generado por el tránsito vehicular y determinar la percepción social mediante encuestas. Los resultados obtenidos del estudio de percepción muestran que la principal fuente de molestia es el ruido generado por el tránsito vehicular seguido del ruido que generan las personas (ambulantes, uso de megáfonos, uso de parlantes, etc.), asimismo, señala que entre los efectos de la exposición al ruido ambiental esta la interferencia en la comunicación y la disminución del rendimiento y concentración las cuales se presentan con mayor frecuencia en la zona comercial.

Vargas (2014) realizó una evaluación del impacto acústico generado por el tráfico vehicular en las vías circundantes al Cuartel General del Ejército del Perú, considera como objetivo evaluar el impacto acústico del tráfico vehicular en cual comprende una modelación en base a NMPB-Routes – 96 y una encuesta para determinar la percepción de la población en el área de estudio, llegando a la conclusión que los residentes de las viviendas mostraron un alto grado de molestia y consideraron que la principal fuente de ruido fueron los vehículos.



- Antecedentes locales

Mellado (2017) realizó un estudio sobre la incidencia de una barrera acústica para mitigar la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanillas en la Región Puno, en las cuales evalúa cuáles son los equipos que producen contaminación sonora y analiza las características de la barrera acústica prefabricada, el monitoreo para fuentes móviles se realizó en un espacio de 15m de recorrido colocando en un costado la barrera acústica a una distancia de 3m de la fuente de ruido y el sonómetro a dos distancias de la barrera acústica de 1.5m y 2.5m, el análisis fue elaborado mediante mapas de ruido utilizando el programa Arcgis y la herramienta Kriking, llegando a la conclusión que la barrera acústica genera un sombra sónica reduciendo 10 dBA mitigando en nivel de ruido, las características de la barrera acústica son buenas debido a la absorción y refracción sonora y respecto de los volquetes y la retroexcavadora son los equipos que se encuentran debajo de los estándares de calidad ambiental, sin embargo la excavadora sobre orugas, cargador frontal, motoniveladora, rodillo vibratorio auto impulsado, generador eléctrico, malla vibratoria, triturador de piedra y el zarandeo mecánico están por sobre los estándares de calidad ambiental de ruido para una zona urbana.

Quispe (2018) evaluó los niveles de ruido y su impacto ambiental en la construcción de la Urbanización Perlas del Altiplano de la ciudad de Juliaca, el procedimiento de monitoreo se realizó con un sonómetro instalado a una altura de 1.5 m y una distancia horizontal de 3m de la actividad de la construcción realizada, concluyendo que los ruidos perjudiciales principalmente fueron al uso de la mezcladora el cual generó ruidos estrepitosos, otra fuente de mayor ruido fue la amoladora y también por el uso del martillo percutor al realizar las actividades de picado y taladrado. Por otra parte se notó la falta de aplicación de un programa de control de ruido de las



actividades más sensibles de la construcción así como la falta de dotación de tapones de oídos, orejas y la falta de organizaciones gubernamentales que busquen el cumplimiento de los estándares de bienestar ambiental.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LA OBRA PÚBLICA

Según el Decreto Supremo N° 344-2018-EF una obra pública se define como el resultado derivado de un conjunto de actividades materiales que comprenden la construcción, reconstrucción, remodelación, mejoramiento, demolición, renovación, ampliación y habilitación de bienes inmuebles, tales como edificaciones, estructuras, excavaciones, perforaciones, carreteras, puentes, entre otros, que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos destinadas a satisfacer necesidades públicas.

2.2.1.1 MAQUINARIAS EN OBRAS PÚBLICAS

Una máquina es un conjunto de elementos fijos y móviles cuyo funcionamiento permite aprovechar la energía, para dirigir, regular y transformar una actividad con un fin determinado y se denomina maquinaria al conjunto de máquinas que se aplican para un mismo fin. Los elementos que componen una máquina son el motor que es el mecanismo que transforma la fuente de energía para un trabajo requerido, el mecanismo que es el conjunto de elementos mecánicos como los engranajes con la finalidad de transformar la energía proveniente del motor, el bastidor que es la estructura rígida que soporta el motor y todo el mecanismo, y los componentes de seguridad destinadas a proteger las personas.

Las maquinarias que se usan en construcción de ingeniería civil, se clasifican teniendo en cuenta la capacidad es decir en la relación peso/volumen, así son maquinarias pesadas aquellas destinadas a grandes movimientos de tierras como son la



excavadora, volquete, cargador frontal, motoniveladora, retroexcavadoras, rodillo compactador, dragas entre otros, maquinarias semi-pesadas clasificadas también como de medianas proporciones y dimensiones son las excavadoras pequeñas, grúas pequeñas, carros cisterna de dimensiones menores, entre otros, mientras que los equipos livianos son de pequeñas dimensiones como la plancha compactadora, vibradora de concreto, mezcladora, apisonadoras, cortadoras de concreto (Silva y Galindo, 2016).

2.2.2 SONIDO

El Decreto Supremo 085-2003-PCM define al sonido como una energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que pueden ser percibidas por el oído o detectada por instrumentos de medición. “El sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga por el aire, el agua y otros medios materiales” (Cromer, 2006). También el sonido es definido como “una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por las oscilaciones de partículas, a través de la cuales se transmite longitudinalmente la onda sonora. Este fenómeno puede traducir una sensación auditiva” (Jaramillo, 2007) y “la variación rápida de la presión del medio fluido (usualmente aire) al que está expuesto al oído externo” (Amable et al., 2017).

Por lo que realizando un análisis el sonido es una onda mecánica, longitudinal y tridimensional. Para que un cuerpo u objeto emita sonido debe producirse en él algún tipo de vibración que se propague en un medio elástico como el aire o el agua. Un medio elástico es aquel que permita el paso de una onda comprimiéndose y dilatándose y después recuperando su estructura original. Este movimiento permite la formación de zonas con mayor o menor presión en las moléculas del medio que se llaman compresión y de dilatación respectivamente cuando las ondas son percibidas por el oído ésta transmite al cerebro en forma de impulsos eléctricos en la cual es procesada y se le da sentido.

Para producir una onda en un fluido como el agua o el aire, podemos considerar el dispositivo como se muestra en la figura. Si el pistón se encuentra en reposo el fluido estará en equilibrio y tendrá densidad y presión uniforme. Si el pistón se mueve hacia la derecha una capa de fluido ejercerá fuerza sobre el elemento vecino formando una región de compresión, ésta continuará hacia el interior aún después de que el pistón comience a retroceder causando enrarecimientos por lo que se altera la densidad del aire y cambia periódicamente (Beléndez, 1992).

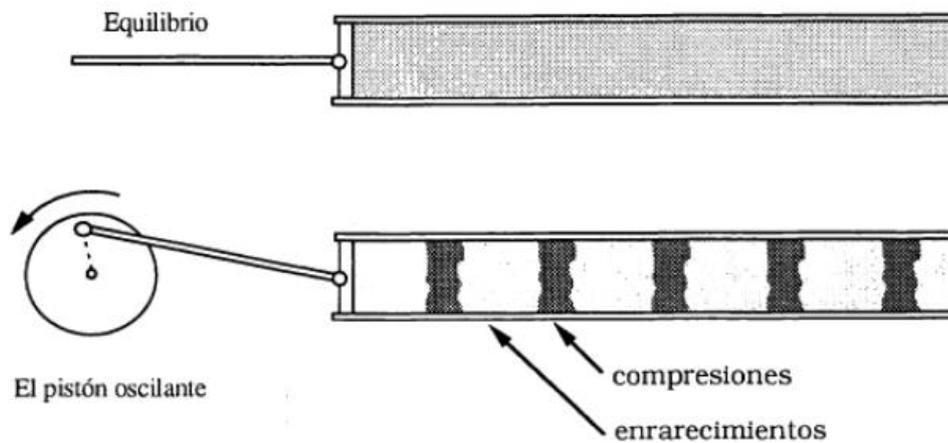


Figura 1: Propagación de una perturbación en un tubo.
Fuente: Acústica, fluidos y termodinámica (Beléndez, 1992)

2.2.2.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SONIDO

El sonido es una honda longitudinal porque los desplazamientos de las moléculas de aire tienen dirección de propagación de la onda.

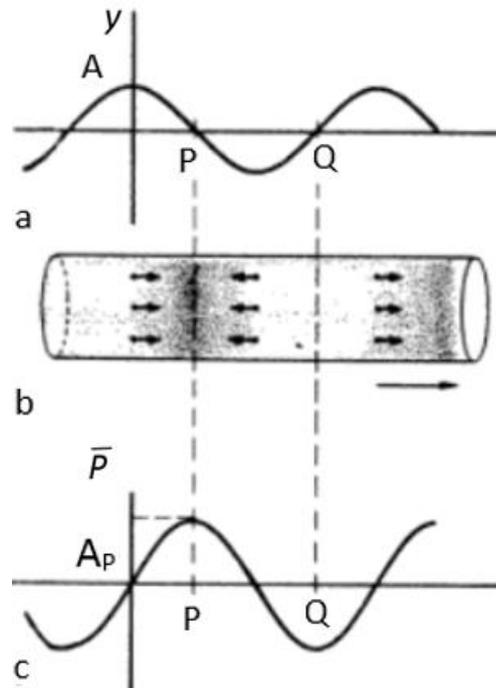


Figura 2: a) Elongaciones longitudinales, b) desplazamiento de puntos, c) variación de presión

Fuente: Física en la Ciencia y en la Industria (Cromer, 2006)

En la figura 2.a podemos ver una gráfica de los desplazamientos (elongaciones) en una onda sonora sinusoidal de amplitud A en un instante. En la figura 2.b se han representado los desplazamientos reales de las moléculas del aire en dicho instante. Un valor positivo de la elongación Y corresponde a un desplazamiento longitudinal hacia la derecha y un valor negativo de Y corresponde a un desplazamiento hacia la izquierda.

Según Cromer (2006) las moléculas a uno y otro lado de punto P de la figura 2.b se han desplazado hacia P , por lo que en este punto, la densidad y la presión de aire son superiores a los normales. Análogamente, las moléculas a uno y otro lado de Q se han desplazado alejándose de él, por lo que la densidad y la presión en Q serán inferiores a los normales. La figura 2.c es una gráfica de diferencia de presiones.

2.2.2.2 PROPIEDADES DE LAS ONDAS SONORAS

La onda sonora es una onda mecánica y como tal puede ser definida por las siguientes propiedades: frecuencia, amplitud, velocidad, período y longitud de onda.

a) Longitud de onda λ :

Según Barti (2010) la longitud de onda es la distancia en metros recorrida por una onda durante una oscilación y de igual manera Jaramillo (2007) define que es la longitud de un ciclo completo de onda que comprende desde el valle hasta la cresta. La longitud de onda es la distancia de un ciclo completo.

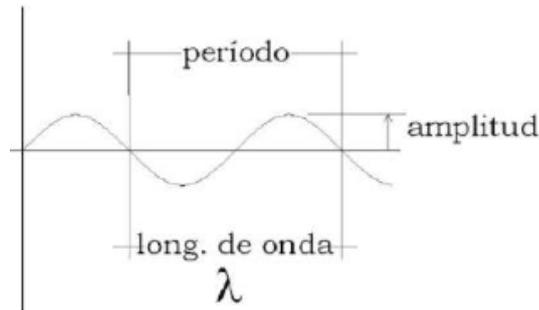


Figura 3: Características de una onda

Fuente: Acústica, la ciencia del sonido (Jaramillo, 2007)

b) Amplitud:

Es el desplazamiento máximo que experimentan las partículas de un medio cuando oscilan en torno a una posición de equilibrio, además es un indicador de cuánta energía es transportado en una onda. A mayor amplitud mayor sensación auditiva y se mide en Pascal, los sonidos con una mayor amplitud tienen una mayor intensidad (Suasaca, 2014).

c) Período:

Es la duración de tiempo en segundos de un ciclo completo de onda (Jaramillo, 2007). Así mismo podría definirse como el tiempo necesario para completar una oscilación (ciclo repetitivo) denominado período T el cual es medido en segundos.



d) Frecuencia:

La frecuencia es el número de variaciones de la presión acústica por segundo o número de ciclos completos que una partícula realiza en un segundo, siendo expresado en ciclos por segundo o Hertz (Hz).

$$F = \frac{1}{T} (\text{Hz}) \quad (1)$$

e) Velocidad:

La velocidad de una onda sonora es la razón entre la distancia recorrida y el tiempo empleado para hacerlo.

$$c = \frac{\lambda}{T} (\text{m/s}) \quad (2)$$

La onda sonora requiere de un medio para propagarse, sea cual fuere, con sus características tales como temperatura, humedad, densidad y elasticidad. El sonido viaja por el aire a 20°C y presión de 1atm aproximadamente de 340 m/s. Podemos por consiguiente concluir que en un medio de propagación menos denso y más que el aire por ejemplo el acero, la velocidad será más alta (Jaramillo, 2007).

2.2.2.3 PROPIEDADES ONDULATORIAS DEL SONIDO

Según Cabrerizo (2008) el sonido como fenómeno ondulatorio presenta las propiedades generales de las ondas y por tanto experimenta reflexión, refracción, difracción, y absorción.

a) Reflexión y absorción del sonido:

Cuando en un recinto las ondas sonoras inciden en las diferentes superficies del mismo, éste se refleja. Si el retraso entre el sonido directo y el reflejado es mayor a 0.1s, el sistema auditivo de las personas es capaz de separar las dos señales y percibir las como tales, primero una y después la otra y esto es lo que se entiende como eco.

Cuando en la misma situación que en el caso anterior, el sonido reflejado llega con un tiempo inferior a 0.1 s, el oído no es capaz de separar ambas señales y las toma como una misma pero con una duración superior. A éste fenómeno se llama reverberación y se puede evitar haciendo que la superficie sobre la que incide el sonido sea absorbente, por ejemplo revestir las paredes de corcho o de cortinas que tienen un alto coeficiente de ondas sonoras.

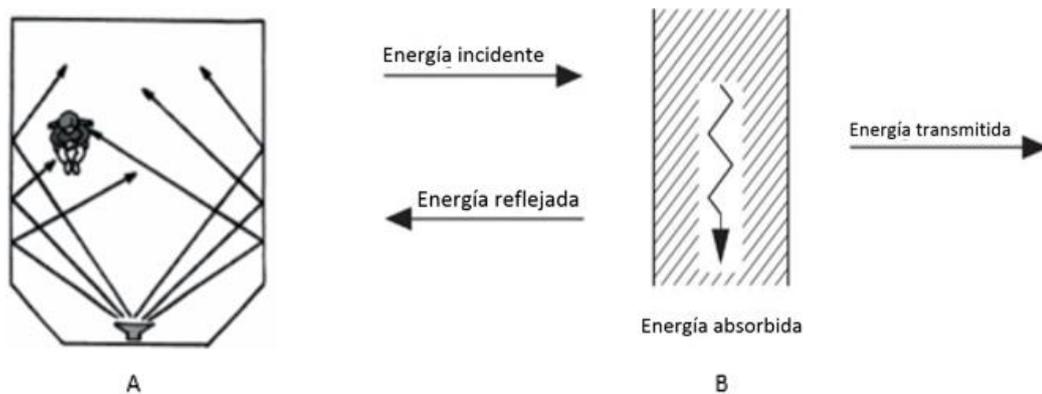


Figura 4: a) Reflexión del sonido b) Absorción del sonido
Fuente: Manual técnico del sonido (Gómez y Cuenca, 2011)

b) Refracción del sonido:

Se denomina refracción al cambio de velocidad de propagación del sonido al penetrar en un medio diferente. Como consecuencia la onda refractada se desviará un cierto ángulo respecto del incidente. Este cambio de dirección dependerá del ángulo con el que incide la onda y de la relación de los índices de refracción de los medios que atraviesa. Cuando una onda sonora que se propaga en el aire incide sobre un medio líquido con índice de refracción muy diferente gran parte del haz acústico es reflejado mientras una pequeña porción se refractará disminuyendo su velocidad. Pero hemos de tener en cuenta que solo ocurrirá esto si el ángulo de incidencia se acerca al perpendicular de la interface; si no se comportará como un medio acústicamente opaco, reflejando la totalidad de la energía sonora.

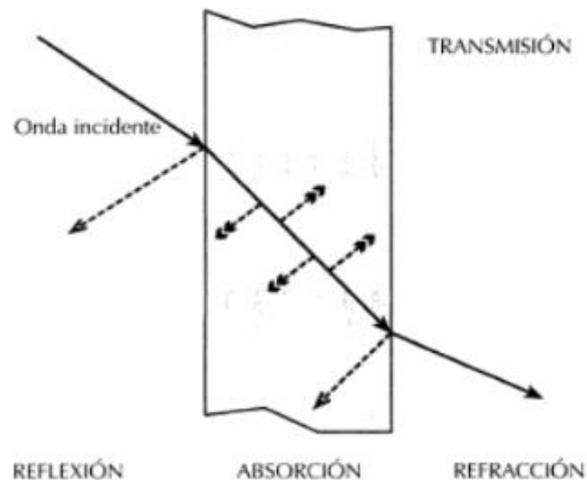


Figura 5: Representación de varios fenómenos que ocurren cuando una onda sonora atraviesa medios de diferentes características

Fuente: Tratamiento de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello (Suarez et al, 2007)

c) Difracción del sonido:

La difracción es la propiedad por la que el sonido puede bordear obstáculos. Cuando mayor sea su longitud de onda, más fácilmente lo bordea. Este hecho permite escuchar a las personas situadas al otro lado de la esquina de una calle aunque no se vean, sin embargo el sonido no puede salvar obstáculos grandes como edificios y montañas.

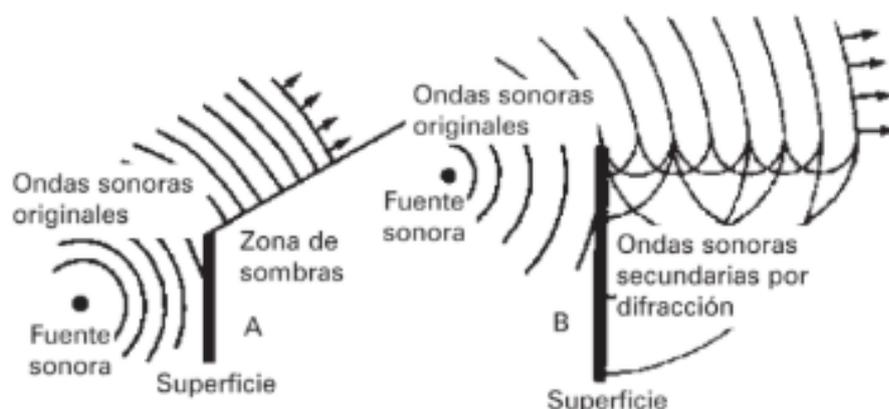


Figura 6: a) Efecto de la difracción a altas frecuencias, b) Efecto de difracción a bajas frecuencias

Fuente: Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios (Gormaz, 2007)



2.2.2.4 CUALIDADES DEL SONIDO

El sonido está caracterizado en su percepción por tres cualidades importantes como son: intensidad, tono y timbre.

a) Intensidad:

Se denomina intensidad del sonido a la energía transportada por unidad de superficie y de tiempo por una onda sonora, que depende de la amplitud de la onda sonora y hacen que los sonidos sean fuertes (volumen alto) cuando la amplitud es grande y débiles cuando la amplitud es reducida (volumen bajo). La sensación fisiológica en el oído depende de la persona receptora por lo que la intensidad sonora se mide en decibelios (dB) y en una escala que va desde 0 dB (umbral de audición) hasta 120 dB (umbral de dolor) (Cabrerizo et al, 2008).

Según Burbano (2003) el valor de la intensidad es la energía media que atraviesa en la unidad de tiempo a la unidad de superficie, normal a la dirección de propagación.

Si W es la energía en un tiempo t atraviesa una superficie S normal a la dirección de propagación, la intensidad sonora es:

$$I = \frac{W}{St} = \frac{P}{S} \text{ (watt/m}^2\text{)} \quad (3)$$

Ya que W/t (energía por segundo) es la potencia mecánica (P). Podemos así definir la intensidad del sonido como la potencia transmitida por la onda, en cada unidad de superficie.

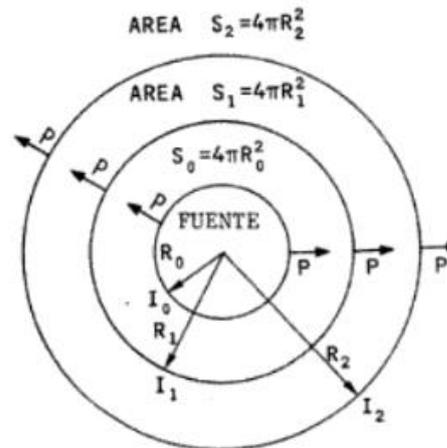


Figura 7: Propagación de las ondas sonoras emitidas por un foco puntual
Fuente: Física en la Ciencia y en la Industria (Cromer, 2006)

La intensidad del sonido producido por un foco disminuye al aumentar la distancia de éste. Si el foco es puntual el sonido se propaga por ondas esféricas por ejemplo para una distancia R_1 corresponde una intensidad I_1 y para una distancia R_2 corresponde una intensidad I_2 siendo $I_1 > I_2$. Cuando la onda pasa de R_1 a R_2 , el aire absorbe parte de su energía, pero esta diferencia no es demasiado grande, la energía absorbida será pequeña. si la depreciamos podremos considerar que toda la energía que atraviesa la superficie esférica 1 atraviesa también, la superficie es perica 2, por la tanto la potencia P será constante, a partir de ello se puede relacionar las intensidades de la siguiente manera (Cromer, 2006).

$$4\pi R_1^2 I_1 = 4\pi R_2^2 I_2 = \frac{R_1^2 I_1}{R_2^2} \quad (4)$$

Debido a la enorme gama de intensidades del oído resulta conveniente medir intensidades en unidades logarítmicas o decibelios (dB). El nivel de intensidad se relaciona con la intensidad mediante la siguiente formula.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} (dB) \quad (5)$$

Aquí β viene medido en decibelios, I es la intensidad del sonido, $I_0 = 10^{-12} \text{W m}^{-2}$ es el nivel de referencia arbitrario.

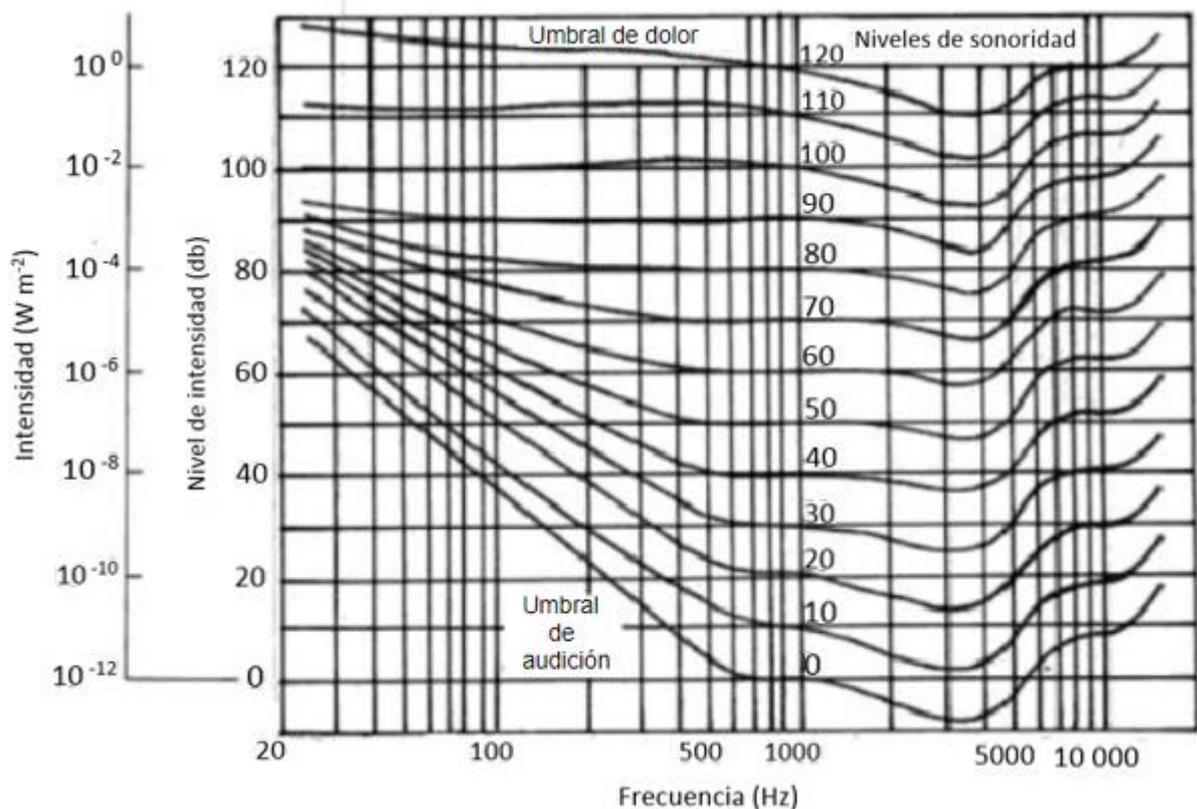


Figura 8: Grafica logarítmica que muestra el intervalo de intensidades en función de la frecuencia y las Curvas de Fletcher y Munson
Fuente: Física (kane y Sternheim, 2007)

La sonoridad es la impresión subjetiva de cómo escuchamos los seres humanos una onda sonora, Fletcher y Munson muestran cada línea agrupando todos los sonidos con diferente presión sonora tienen la misma sonoridad. Las unidades de sonoridad son los fones, por ejemplo un tono de 200 Hz y 40 dB de nivel de presión sonora provocará la misma sensación de sonoridad que uno de 1000 Hz y 20 dB de nivel de presión sonora, se dice entonces que tiene un nivel de sonoridad de 20 fon. Obsérvese que a igual nivel de presión sonora los sonidos muy graves (baja frecuencia) y los muy agudos (alta frecuencia) tienen menor nivel de sonoridad que los sonidos medios. Además en la zona de los 3000 Hz se tiene la mayor sensibilidad del oído.

b) Tono:

El tono o altura de un sonido es la cualidad que permite distinguir un sonido por su frecuencia de vibración. Se diferencian en sonidos graves y agudos, los agudos tienen

una frecuencia mayor que los graves, por ejemplo un violín proporciona sonido agudo, mientras que el de un bombo es grave (Cabrerizo et al, 2008). El oído humano reconoce sonidos aproximadamente entre 20 y 20000 Hz (Jaramillo, 2007).

Según Burbano et al. (2003) el tono se mide en Hertz, correspondiendo a un Hertz a una vibración por segundo.

$$v = \frac{c}{\lambda} \text{ (Hz)} \quad (6)$$

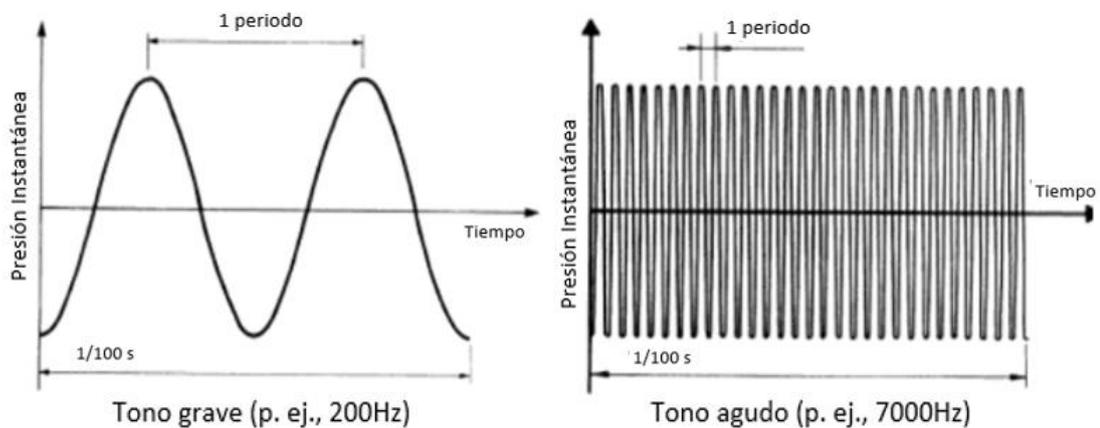


Figura 9: Comparación de frecuencia de un tono grave y agudo
Fuente: ABC de la Acústica Arquitectónica (Arau, 1999)

c) Timbre:

Es la cualidad en virtud de la cual se pueden distinguir dos sonidos de igual frecuencia e intensidad emitidos por dos focos sonoros diferentes. Así por ejemplo mediante un timbre de sonido se puede reconocer entre varias personas la voz de una persona concreta o distinguir si una nota musical ha sido emitida por una guitarra, un violín o un piano. El timbre se debe a que en general un sonido no es puro, es decir, que el mismo es el resultado de la composición y superposición de varios movimientos vibratorios distintos en el foco emisor. En una onda compleja en cada punto, la presión sonora será igual a la suma algebraica de las presiones individuales sumando ordenadas como se muestra en la figura a y b de cada curva, se obtiene ordenada c de la onda compleja (Cabrerizo et al, 2008).

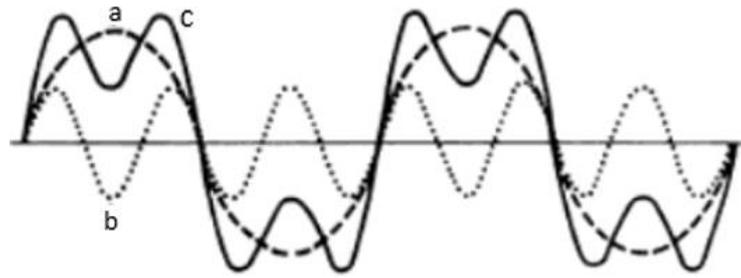


Figura 10: Formación de una onda compleja
Fuente: ABC de la Acústica Arquitectónica (Arau, 1999)

2.2.2.5 PROPAGACIÓN DEL SONIDO

A partir de una fuente sonora el sonido se aleja de la misma en forma de ondas esféricas, pudiendo distinguir entre fuentes sonoras puntuales y fuentes sonoras lineales. En las fuentes sonoras puntuales el sonido se aleja de ella en forma de ondas esféricas, sirviendo ejemplo de una fuente puntual un avión, mientras que en las fuentes sonoras lineales, el sonido se propaga por medio de ondas sonoras de forma cilíndrica, como observaremos a continuación (Cabrerizo et al, 2008).

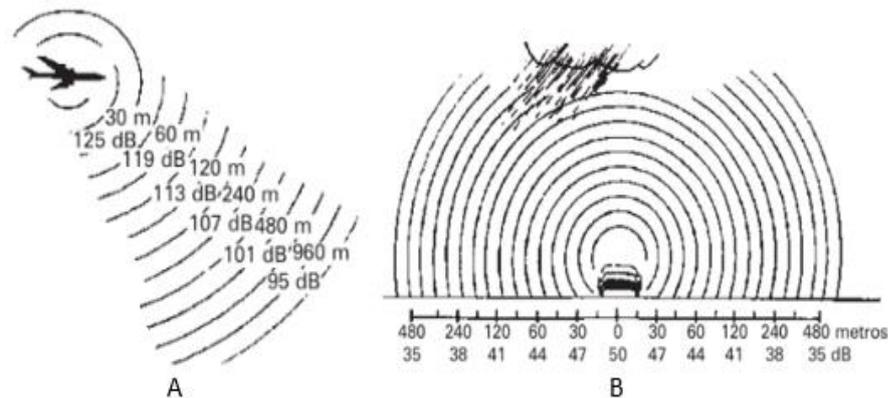


Figura 11: a) Avión (fuente sonora puntual), b) Autovía (fuente sonora lineal)
Fuente: Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios (Gormaz, 2007)

2.2.2.6 EL EFECTO DOPPLER

Para cuantificar este movimiento la técnica aprovecha uno de los fenómenos más conocidos de la física, cuyo ejemplo más popular es el sonido de una sirena de

ambulancia, que percibimos más agudo cuando ésta se acerca a nosotros y más grave cuando se aleja. Este es un ejemplo del efecto Doppler, así llamado en honor al físico austriaco Christian Doppler (1803-1853) quien lo descubrió (Cabrerizo et al, 2008).

El efecto Doppler establece el cambio de frecuencia de un movimiento ondulatorio como consecuencia del movimiento relativo entre la fuente emisora de las ondas y el observador.

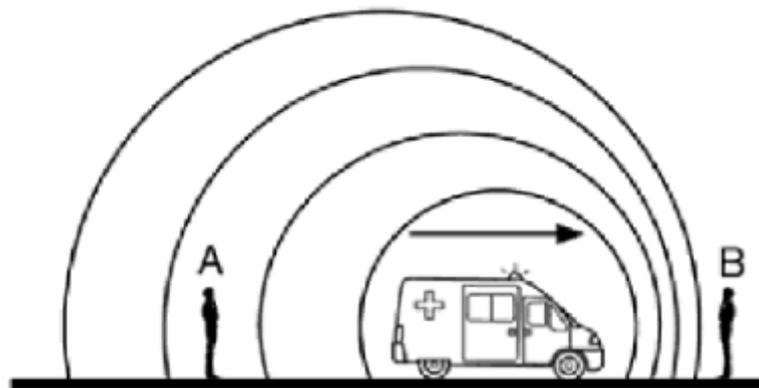


Figura 12: Percepción del sonido según la distancia

Fuente: Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios (Gormaz, 2007)

2.2.3 CONTAMINACIÓN SONORA

La contaminación sonora puede definirse como el exceso de sonido que altera las condiciones que anteriormente eran normales, lo que le diferencia de otros contaminantes es que puede considerarse como la más barata de producir en la que se necesita muy poca energía y se manifiesta en forma de radio de acción que se localiza en espacios muy concretos (Amable et al., 2017).

Según el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM la contaminación sonora es la presencia en el ambiente exterior o en el interior de las edificaciones de niveles de ruido que generen riesgos a la salud y al bienestar humano.

Se sabe que no todo sonido es considerado contaminación sonora por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) define como ruido a aquel sonido superior a



los 65 decibeles (dB), si dicho ruido supera los 75 dB se vuelve dañino y a partir de los 120 dB se considera que genera dolor a los oídos, por otra parte para que un sueño sea confortable y reparador el ruido en el ambiente nocturno no debe exceder los 30 dB.

2.2.4 RUIDO

El ruido es un sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte la salud de las personas (PCM, 2003), de igual manera se entiende como un sonido indeseable para la persona que lo escucha y por lo general tiene una o varias de las siguientes características de duradero, fuerte intensidad, elevada frecuencia y caótico (Jiménez, 2001), así mismo el ruido es un sonido desagradable que interfiere con la actividad humana (Mateo, 2009), por lo que se define como un agente físico agresivo que casi siempre se encuentra en el ambiente de trabajo y que puede originar daños sobre nuestra salud que generalmente se manifiesta tras largos periodos de tiempo (Espeso et al, 2005).

También se puede entender por ruido al sonido desagradable o molesto, en la actividad de construcción se encuentran numerosos casos donde el nivel de ruido se puede considerar como elevado, generando por tanto un riesgo. Se puede citar como ejemplo la utilización de hormigonera, sierra circular, martillo neumático, máquina perforadora y muchos más (Espeso et al, 2005), siendo las principales fuentes de contaminación por ruido las siguientes: transporte, tráfico por carretera, tráfico aéreo, tráfico ferroviario, actividades industriales, actividades de construcción y actividades recreativas (Lombardero, 2008).

2.2.4.1 TIPOS DE RUIDO

Los ruidos se pueden clasificar según Chinchilla (2002) de diversas formas, por una parte según la forma de presentarse se pueden catalogar como encubridores, que es aquel que nos dificulta percibir otros sonidos, por ejemplo el sonido de una máquina



puede encubrir el ruido del montacargas, de las carretillas o dificultar sostener una conversación y el ruido irritante de acuerdo a la tolerancia del individuo, por ejemplo una persona a la que le guste escuchar rock podrá disfrutar teniendo el equipo de sonido a alto volumen, mientras que para otra persona tal ruido puede resultar irritante.

Por otra parte de acuerdo con la periodicidad, los ruidos se clasifican en continuos, que son aquellos que permanecen constantes, mientras que ruido intermitente es aquel que interrumpe o cesa y prosigue o se repite, es decir, el nivel sonoro varía con el tiempo durante el día o la semana según la carga de trabajo y el ruido de impacto que son ruidos que tienen su causa en golpes simples de corta duración y cuyas variaciones en los niveles de presión sonora involucran valores máximos a intervalos mayores de uno por segundo.

De acuerdo a la NTP 270 los ruidos se clasifican en ruido estable que es aquel donde la presión sonora ponderada L_{PA} permanece esencialmente constante debido a que la variación entre el nivel mínimo y máximo son inferiores a 5 dB; ruido periódico en donde la diferencia de los niveles mínimo y máximo son iguales o superiores a 5 dB y cuya cadencia es cíclica; ruido aleatorio en el que la diferencia entre los valores mínimo y máximo es superior a 5 dB, variando L_{PA} aleatoriamente a lo largo del tiempo y el ruido de impacto en el que el nivel de presión sonora decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

2.2.4.2 UNIDAD DE MEDIDA DEL RUIDO

La unidad de medida del ruido es el decibel (dB) y es usado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora, otro concepto importante es el decibel A (dBA) que es la unidad adimensional del nivel de presión sonora medido con el filtro de ponderación A, que permite registrar dicho nivel mediante equipos, por ejemplo los sonómetros de acuerdo al comportamiento de la audición humana (PCM, 2003).



2.2.5 BASE NORMATIVA Y LEGAL

- Constitución Política del Perú, artículo 2 numeral 22 que prescribe que toda persona tiene derecho a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, artículo 115 de los ruidos y vibraciones señala que los gobiernos locales son responsables de normar y controlar los ruidos y vibraciones originados por las actividades domésticas y comerciales, así como por las fuentes móviles.
- Ley N° 28245, Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental. artículo 37 señala que las universidades promoverán el desarrollo de programas de formación profesional en gestión ambiental de carácter multidisciplinario en coordinación con el CONAM (Consejo Nacional del Ambiente) y la Asamblea Nacional de Rectores.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM que aprueba los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible
- NTP 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental que en su parte 1) define los índices básicos a ser utilizados para describir el ruido en los ambientes comunitarios y describe los procedimientos de evaluación básicos.
- NTP 1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental que en su parte 2) describe los niveles de presión sonora pueden ser determinados por mediciones directas, por extrapolación de resultados de



mediciones por medio de cálculos o exclusivamente por cálculos previstos como básicos para la evaluación de ruido ambiental.

- NTP-ISO 9612 2010 “Determinación de la exposición al ruido laboral” especifica un método de ingeniería que permite medir la exposición al ruido de los trabajadores en un ambiente de trabajo y calcular el nivel de exposición.
- NTP 270 “Evaluación de la exposición al ruido” representando las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico de acuerdo con las condiciones.
- Reglamento Nacional de Edificaciones G.050 seguridad durante la construcción.

2.2.6 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO

Son aquellos que consideran los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben exceder a fin de proteger la salud humana. De esta forma, se debe conminar a las entidades encargadas de la gestión ambiental a desarrollar actividades de vigilancia y control, así como al diseño de sistemas metódicos para mitigar y controlar sus efectos (Bernal, 2011).

El exceso de ruido en los núcleos urbanos se ha convertido en un problema cotidiano, ya en la Convención de Estocolmo de 1972 se expuso que era uno de los agentes contaminantes más agresivos, convencionalmente se considera que un ruido inferior a 45 dB apenas genera molestias, éstas aparecen en un 10% cuando el ruido alcanza los 55 dB y en la totalidad cuando superan los 85 dB. Considerando éstas premisas la mayoría de los países han establecido un límite máximo de ruido ambiental diurno de 65 dB (Borderías y Martin, 2011) mientras que la OMS recomienda que el nivel más alto permisible de exposición al ruido en el lugar de trabajo sea de 85 dB

durante un máximo de 8 horas al día. Muchos clientes de clubes nocturnos, bares y eventos deportivos están con frecuencia expuestos a niveles incluso más altos de ruido y por lo tanto deberían reducir considerablemente la duración de la exposición.

En el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma G.050 seguridad durante la construcción) se establece que se deberá utilizar protectores auditivos (tapones de oídos o auriculares) en zonas donde se identifique que el nivel del ruido excede los siguientes límites permisibles.

Tabla 1: Límites máximo permisibles de nivel de ruido

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia (Hora/día)
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	2 horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora / día

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones Norma G.050 seguridad durante la construcción

De acuerdo con el Decreto Supremo N°085-2003-PCM los estándares de calidad ambiental del ruido son un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y planificar el control de la contaminación sonora sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Tabla2: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

Zonas de aplicación en LaeqT	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: Decreto supremo N°085-2003-PCM

2.2.7 NIVELES DE RUIDO QUE PRODUCEN DIFERENTES ACTIVIDADES Y

MAQUINARIAS

Tabla 3: Presión sonora de algunas fuertes características

potencia (w)	Nivel de potencia L _w (dB)	Fuente
24-40 10 ⁶	195	Cohete Saturno
100000	170	Motor turbo-jet (detrás del quemador)
10000	160	Motor turbo-jet (empuje 3200kg)
1000	150	Motor turbo-jet (empuje 2500kg)
100	140	Cuatrimotor
10	130	Orquesta de 75 músicos
1	120	Martillo neumático
0.1	110	Ventilador centrifugado (22000 m ³ /h)
0.01	100	Vehículo en autopista
0.001	90	Voz humana (grito)
0.00001	70	Voz humana (conversación)
0.000000001	30	Voz humana (cuchicheo)

Fuente: Acústica ambiental (Parrondo et al., 2006)

Tabla 4: Niveles de presión sonora correspondiente a sonidos, ruidos típicos y valoración subjetiva asociada

Nivel de presión sonora SPL (dB)	Fuente sonora	Valoración subjetiva de nivel
120	Despegue avión (a 60m)	Muy elevado
110	Edificio en construcción	
100	Martillo neumático	
90	Camión pesado (a 15m)	Elevado
80	Calle (ciudad)	
70	Interior automóvil	
60	Conversación normal	Moderado
50	Oficina, aula	
40	Sala de estar	
30	Dormitorio (noche)	Bajo
20	Estudio de radiodifusión	

Fuente: Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Carrión, 1998)

Tabla 5: Niveles de ruido de equipos y maquinaria

Nombre de la maquinaria	Potencia	Distancia (m)	Leq (dBA)
Sonda vibradora	5 hp	2	91.8
Sonda vibradora	2 hp	2	84.7
Trompo mezclador	5.5 hp	2	89.9
Sierra circular	1400 w	2	99.6
Sierra circular	2100 w	2	98.6
Placa compactadora	5 hp	2	95.3
Rodillo compactador	8 hp	2	89.5
Generador trifásico	12 hp	2	86.6
Motoniveladora Caterpillar	155hp	4	80.9

Fuente: Base de datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción (Mosquera, 2003)

Tabla 6: Niveles de ruido de las diferentes máquinas y equipos

Nombre de la maquinaria	Decibel
Martillo neumático	120 - 110 dB
Perforador neumático	105 - 115 dB
Sierra de cortar	100 - 110 dB
Sierra industrial hormigón	90 - 115 dB
Bulldozer	95 - 100 dB
Allanadora	95 - 100 dB
Grúa	93 - 100 dB
Martillo	87 - 95 dB
Niveladora	87 - 95 dB
Retroexcavadora	85 - 94 dB

Fuente: Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra (Comunidad de Madrid, 2012)

2.2.8 EFECTOS DEL RUIDO

2.2.8.1 EFECTOS NO AUDITIVOS

Son efectos negativos como consecuencia de la exposición al ruido que se manifiestan de muy distinta manera. A continuación se exponen los aspectos más importantes relacionados con los efectos no auditivos del ruido.

- Molestias:

Si el nivel de ruido es inferior a 40 dB en un ámbito de trabajo los trabajadores no experimentan molestias, a partir de los 60 dB las personas empiezan a considerar al ruido como molesto y es capaz de interrumpir su labor y si el ruido supera los 80 dB absolutamente todos los trabajadores sienten que el ruido es muy molesto (Mateo, 2009).

Según Martínez y Peters, 2015 a partir de un nivel de ruido bajo de 37 dB generado por el tráfico vehicular genera molestias y a partir de ello el porcentaje de molestias en función de ruido dBA se puede expresar con la curva de la siguiente figura.

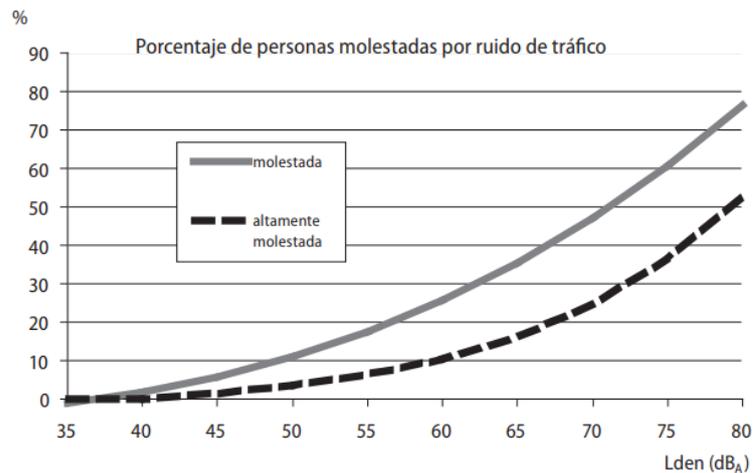


Figura 13: Curva de efectos de molestia según el nivel de ruido
Fuente: Contaminación acústica y ruido (Martínez y Peters, 2015)

De la figura se observa que las personas manifiestan molestias de distinta manera para niveles de presión sonora iguales como moderadamente o altamente molesta.

- Alteraciones del sueño:

Cuando se tiene presiones sonoras muy bajas de 33dB que es medida dentro del dormitorio, el cuerpo responde y se despierta con frecuencias constantes, aunque éstas sean muy breves y no se tiene recuerdo de ello por parte de las personas. De acuerdo

con la OMS si una persona se encuentra en condiciones normales de descanso despierta entre 1 y 2 veces durante la noche, además menciona que el sueño es considerado una función biológica muy importante, si ésta es alterada puede ser considerada como un agravante con varias enfermedades. Para realizar una cuantificación de las alteraciones del sueño, la Comisión Europea ha realizado una correlación cuya expresión se basa en cuestionarios. Así si se trata de los efectos del tráfico vehicular sigue la función de la figura, donde se puede observar que a un nivel de 55 dB Ln (legalmente permitido) más del 15% de las personas sufren alteraciones de sueño y casi un 10% alteraciones graves (Martínez y Peters, 2015).

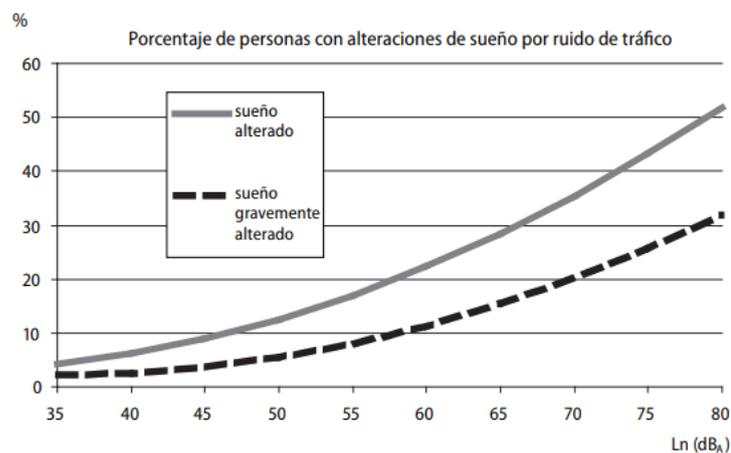


Figura 14: Curva de efectos de alteración de sueño según nivel de ruido
Fuente: Contaminación acústica y ruido (Martínez y Peters, 2015)

- Efectos Cardiovasculares:

La OMS considera que a causa del ruido se tiene dos efectos cardiovasculares, debido a que tras las evaluaciones realizadas científicamente es posible una cuantificación de riesgos las cuales son hipertensión e infarto al miocardio.

Existe numerosos estudios de hipertensión generado por el ruido de los aviones en las que manifiestan que el riesgo de hipertensión incrementa en un 13 % por cada 10 dB cuando se está dentro del rango de 50 – 70 dB (Lden). Debemos tener en cuenta

que ésta relación no considera los efectos del ruido generado por las maquinarias, sin embargo podemos suponer que son similares (Martínez y Peters, 2015).

Hasta hoy no existen datos de estudios del ruido de maquinarias relacionados con los efectos al miocardio e hipertensión, sin embargo en la figura se puede observar que a partir de los 50 dB se manifiesta la hipertensión e incrementa tras aumentar el ruido, también se puede observar que a partir de los 60 dB comienza el incremento de los infartos de miocardio.

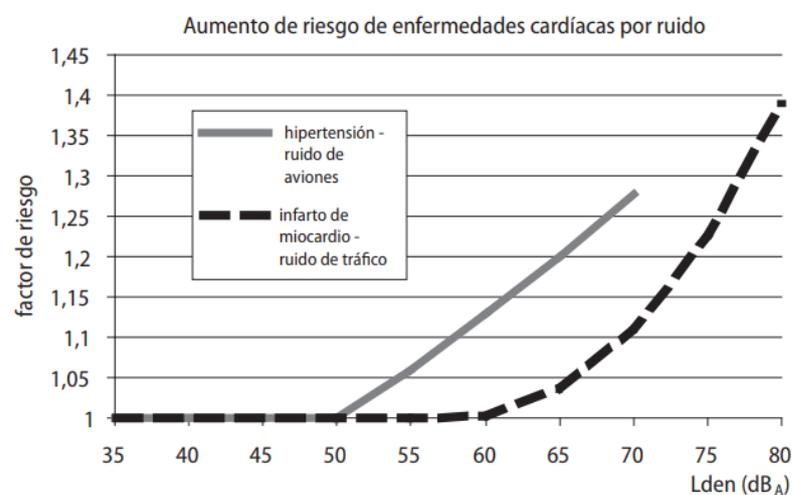


Figura 15: Curva de efectos de enfermedades cardíacas según nivel de ruido
Fuente: Contaminación acústica y ruido (Martínez y Peters, 2015)

- Alteraciones de las capacidades cognitivas:

Con respecto a las capacidades cognitivas existe una relación con el nivel de ruido. A través de estudios realizados se ha podido comprobar que las capacidades cognitivas disminuyen cuando los estudiantes son afectados por altos niveles de ruido. De acuerdo con la figura se puede observar que a partir de 50 dB (para ruido de aviones) empieza la reducción de las capacidades cognitivas, pero si están expuestos a altos niveles de 95 dB se vieron afectados la totalidad de niños (Martínez y Peters, 2015).

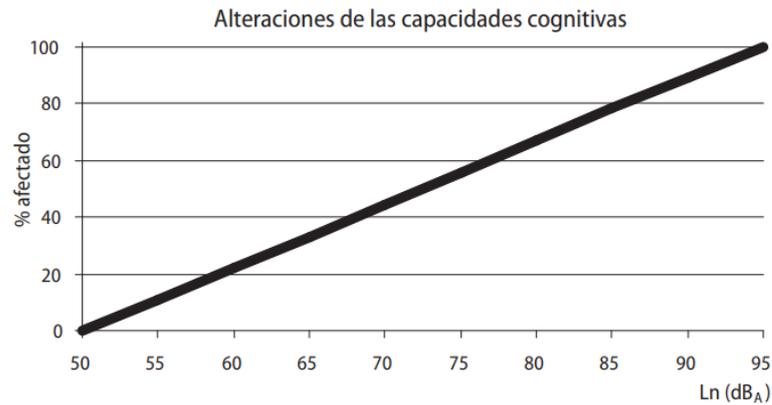


Figura 16: Curva de efectos y alteraciones de capacidad cognitiva según nivel de ruido

Fuente: Contaminación acústica y ruido (Martínez y Peters, 2015)

- Efectos fisiológicos no auditivos:

El ruido ejerce efectos sobre el sistema neurovegetativo debido a que ésta puede generar distintas alteraciones, por ejemplo alteraciones en el ritmo cardíaco, aumento de presión arterial, variaciones en el ritmo respiratorio, dilatación de las pupilas así como cambios en los niveles de lípidos, glucósidos y ácido úrico en la sangre. Por otra parte se ha detectado una incidencia de la úlcera intestinal a los individuos que estuvieron expuestos al ruido, por lo que se puede señalar la incidencia del ruido al funcionamiento en los diversos sistemas del organismo del ser humano (Mateo, 2009).

- Dificultad para concentrarse:

Cuando uno realiza trabajos se requiere un esfuerzo mental y ésta se afecta cuando nos encontramos en ambientes ruidosos, así cuando se realiza trabajos mentales muy complejos es indispensable que se desarrollen en ambientes donde el nivel de ruido sea más bajo que el nivel de ruido del ambiente para efectos de eficiencia. Debemos de detallar que existen algunos trabajadores que tienen facilidades de concentración en el ámbito de su trabajo, teniendo la capacidad de ignorar al ruido a comparación de otros que tienen grandes dificultades de concentración, aún cuando se encuentren con niveles de ruido más bajos (Mateo, 2009).



- Dificultad para la comunicación hablada:

Uno de los efectos más inmediatos a razón del ruido es la dificultad para la comunicación hablada que existe en ambientes ruidosos. Cuando existe altos niveles de ruido que pueden ser generados por las maquinarias durante procesos productivos y realización de trabajos, en éstos aspectos la comprensión de los mensajes dados por las personas en el puesto de trabajo son dificultosos de entender (Mateo, 2009). Si el ruido de fondo es superior a los 40 dB provoca dificultades de comunicación que pueden ser resueltas solo con elevar el tono de voz, mientras que cuando se tiene un ruido de 65 dB a más una conversación se torna extremadamente difícil (Chávez, 2006).

- Disminución de rendimiento:

Cuando el ruido influye frecuentemente ésta ocasiona una disminución de rendimiento al realizar una determinada actividad, pero puede considerarse que ello puede ser mayor cuando éstas se repiten con un ritmo de altos niveles de ruido. Si los trabajadores realizan actividades relativamente sencillas éstas podrían acomodarse al ritmo del ruido, pero cuando éstas no se adecúan con las labores la realidad es que simplemente pueden llegar a convertirse en un agente peligroso (Mateo, 2009).

- Estrés:

Al estrés podemos definirlo como el desequilibrio en el organismo que se manifiesta por estímulos físicos y psicológicos impactando en la persona. Otra definición del estrés es que se caracteriza por reacciones de los organismos frente a las fuerzas de naturaleza perjudicial tales como infecciones y algunos estados anormales que tienden a alterar el equilibrio fisiológico. Estos aspectos que ocasionan el desequilibrio son denominados estresores (Adrian, 2004).

Desde la percepción biológica estar en un ámbito ruidoso ocasiona un incremento de norepinefrina y cortisol, si éstas se manifiestan en grandes cantidades



generan el proceso de aceleración de envejecimiento al miocardio, generando colágeno en sus paredes del corazón. Asimismo se produce cambios en el intercambio calcio/mercurio a niveles intracelulares, aspectos que son precursores potenciales de generar enfermedades cardiovasculares convirtiéndose en indicadores como respuestas al estrés (Galán y Camacho, 2012).

Desde el punto de vista psicológico la molestia y la imposibilidad de control de la fuente de ruido como agentes estresantes conlleva a desesperanza y bloqueo de señales auditivas, con la consiguiente repercusión en las dinámicas de interacción social y procesos de atención y aprendizaje (Galán y Camacho, 2012).

2.2.8.2 EFECTOS AUDITIVOS

El oído humano consta de tres partes principales: oído externo, medio e interno. El oído externo consta de la oreja y el canal auditivo, su función es recoger las ondas sonoras presentes en el aire y conducir las al tímpano, el cual es la interface con el oído medio; que actúa como dispositivo de acoplamiento y cuenta con tres pequeños huesos (martillo, yunque, estribo) que operan como un juego de palancas y transfiere la vibración al oído interno. El oído interno consta de dos sistemas separados: los canales semicirculares para controlar el balance y la cóclea u órgano de Corti; ésta es un tubo en forma de caracol lleno de fluido que está dividida longitudinalmente en dos partes por la membrana bacilar y en respuesta a un estímulo acústico el fluido de la cóclea se agita y distorsiona la membrana bacilar en cuya superficie superior se localiza miles de células ciliares muy sensibles que registran la distorsión y la transformación en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro para percibir el sonido (Jiménez, 2001).

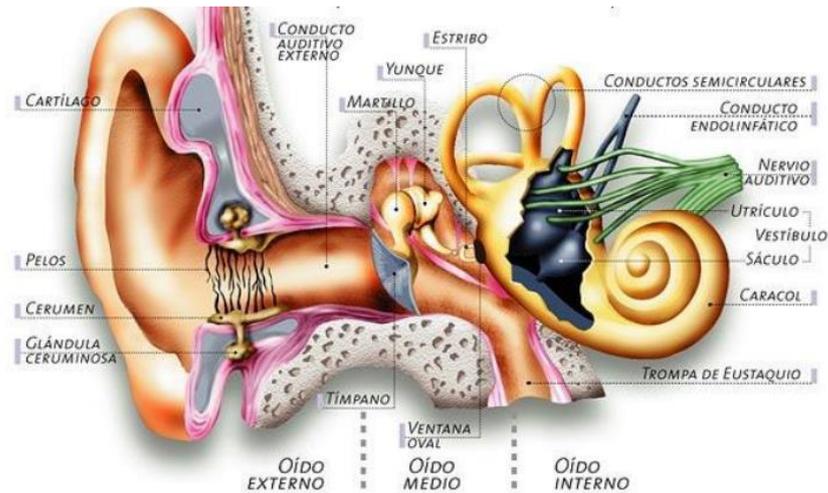


Figura 17: Representación del oído
Fuente: Suasaca (2014)

El principal efecto de las exposiciones prolongadas y repetitivas a altos niveles de ruido es la pérdida de audición.

- Pérdida de audición temporal:

Si uno está expuesto a un nivel de ruido elevado experimenta un desplazamiento del umbral de audición, se tiene la sensación de que los oídos están taponeados y dificultad para percibir los sonidos. Al cabo de algún tiempo de permanencia en un ambiente sin ruido que puede llegar a ser incluso de algunas horas, se va recuperando la audición poco a poco hasta alcanzar de nuevo el umbral auditivo normal (Mateo, 2009).

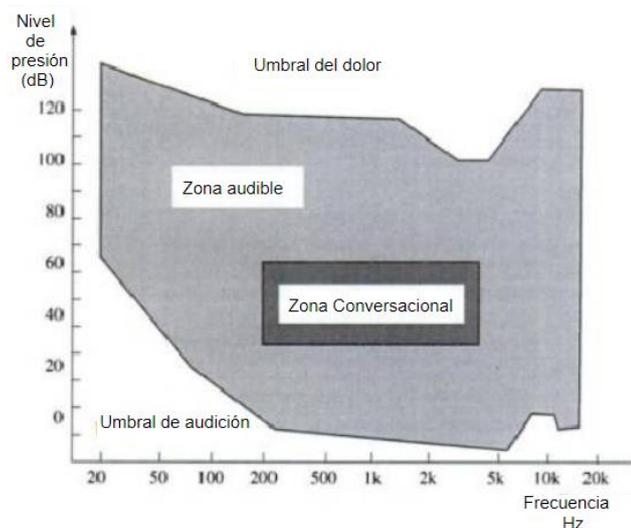


Figura 18: Representación gráfica del campo auditivo humano
Fuente: Gestión de la higiene industrial en la empresa (Mateo, 2009)



- Pérdida de audición permanente:

El efecto más perjudicial por la exposición a altos niveles de ruido es sin duda la pérdida de audición permanente que es denominada trauma acústico cuando no afecta a las frecuencias conversacionales e hipoacusia por ruido cuando éstas llegan a ser afectadas.

- Trauma acústico: Cuando una persona está expuesta a altos niveles de ruido por repetidas veces la recuperación del umbral de audición cada vez en más limitada, esto sucede debido a que las células de la cóclea se van deteriorando progresivamente, perdiendo la capacidad para generar estímulos nerviosos. En un inicio solo unas pocas células llegan a destruirse, por lo que el cerebro tiene cierta dificultad para interpretar sonidos. Las primeras células que resultan afectadas son las que perciben frecuencias alrededor de los 4000 Hz y se sabe que la pérdida de audición se manifiesta lentamente e incluso puede demorarse tras varios años, por lo que se debe prestar atención a los primeros síntomas, como puede ser la dificultad para oír ruidos cotidianos y la necesidad de elevar el volumen de la radio o televisor (Mateo, 2009).
- Hipoacusia por ruido: A medida que se van dañando nuevas células, se van viendo afectadas otras frecuencias, por tal razón la información que alcanza el cerebro llega en forma insuficiente y se hace más difícil entablar conversaciones. Si se alcanza a dañar las células que perciben frecuencias entre 500 y 2000 Hz se hace imposible la interpretación de la palabra y es entonces donde se manifiesta el gran daño ocasionado, llegado a este punto ya no hay solución, pues células dañadas no se regeneran.



Cabe mencionar que la hipoacusia por ruido se trata de un daño irreversible. Después que se ha perdido la capacidad auditiva, que por lo general son ambos oídos por igual, ésta no se recupera. Lo único que se puede realizar es que la persona afectada sea apartada del ambiente ruidoso con la finalidad de evitar que continúe progresando el daño, mas no la recuperación de la audición (Mateo, 2009).

Según OMS 1100 millones de jóvenes (entre 12 y 35 años de edad) están en riesgo de padecer pérdida de audición por su exposición al ruido en contextos recreativos.

- Efectos de los ruidos muy intensos:

Si una persona ha sido sometida a ruidos extraordinariamente altos como son los que alcanzan en una explosión o en el disparo de un arma de fuego pueden ocasionar daños de manera inmediata al aparato auditivo, como puede ser la rotura del tímpano (Mateo, 2009).

2.2.9 MITIGACIÓN DE RUIDO

Según Otto Labahn (1985) existen medidas para poder tratar la mitigación del ruido que pueden comprender desde su origen: supresión o modificación de causas y reducción de la emisión de sonido y de su transmisión. Cuando las medidas resulten ser inadecuadas para un propósito deben ser complementadas por controles secundarios de ruidos, el cual deben ser empleadas para reducir la propagación mediante:

- Selección de la maquinaria y métodos que eviten ruidos
- Aplicación del principio de concentración de las fuentes de ruido
- Si es posible comenzar con reducir la fuente de ruido en caso de maquinarias colocar silenciadores o realizar mantenimientos.



- Aplicación de medidas de control secundario de ruido por ejemplo pantallas acústicas lo más cerca posible de la fuente de ruido.

2.2.10 PROTECCIÓN DEL PERSONAL CONTRA EL RUIDO

Según Otto Labahn (1985) las medidas de protección del personal pueden ser:

- Cabinas acústicas para operadores o supervisores de máquinas. En estos recintos se consigue una reducción de nivel de sonido entre 20 a 30 dB. siendo ventilados adecuadamente.
- Pantallas o tabiques de cierre parcial protegiendo las cercanías inmediatas del lugar de trabajo, éstas medidas conducen a reducciones de ruido menor en 15dB.
- Protectores individuales de los oídos como algodón en rama absorbente de ruidos, tapones de orejas, orejeras, casquetes acústicos etc.
- Reducción del tiempo de exposición a niveles altos por cambio de personal a intervalos dados; períodos de trabajo bajo condiciones de ruidos muy altos alternados con periodos de ambientes menos ruidosos, donde el nivel apreciable no llega a 75 dB.

2.2.11 DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO LABORAL

De acuerdo a la norma NTP-ISO 9612 2010 (Norma técnica peruana específica) un método de ingeniería que es muy útil cuando se requiere determinar la exposición al ruido con grado de ingeniería es por ejemplo estudios detallados de medición de exposición al ruido o estudios epidemiológicos de daños auditivos u otros efectos adversos. El proceso de medición requiere la observación y el análisis de las condiciones de exposición al ruido de manera que pueda ser controlada la calidad de las mediciones.



Esta norma proporciona métodos que permiten estimar la incertidumbre de los resultados.

a) Medición basada en la tarea:

Esta estrategia está enfocada a las tareas que producen una importante exposición al ruido y la reducción de la duración de medición requerida para una incertidumbre especificada. La medición basada en la tarea es especialmente útil cuando el trabajo se puede dividir en labores bien definidas, con condiciones de ruido claramente definibles, durante las cuales se pueden realizar las mediciones; sin embargo conviene garantizar que todas las contribuciones al ruido importantes estén incluidas en el período de medición, lo que requiere un conocimiento de todos los eventos acústicos de corta duración y de fuerte intensidad durante la jornada laboral.

b) Medición basada en el trabajo:

Las mediciones basadas en el trabajo son muy útiles cuando el contenido del trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir o cuando no se quiere o no es práctico realizar un análisis del trabajo detallado. No se recomienda utilizar este método si un trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

c) Medición de una jornada completa:

La medición de una jornada completa, tal como la medición basada en el trabajo, es más útil cuando es difícil de describir el tipo de trabajo y las tareas típicas. Sin embargo, requiere incluso menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo. Por otra parte ésta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que cualquiera de las otras.

Se recomienda la medición de una jornada completa cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

a) UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la obra denominada: “MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR TRAMO JR. BRANDEN-AVENIDA FLORAL DEL DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO “

El periodo de investigación se realizó durante los meses de enero, febrero, marzo y julio del año 2020.

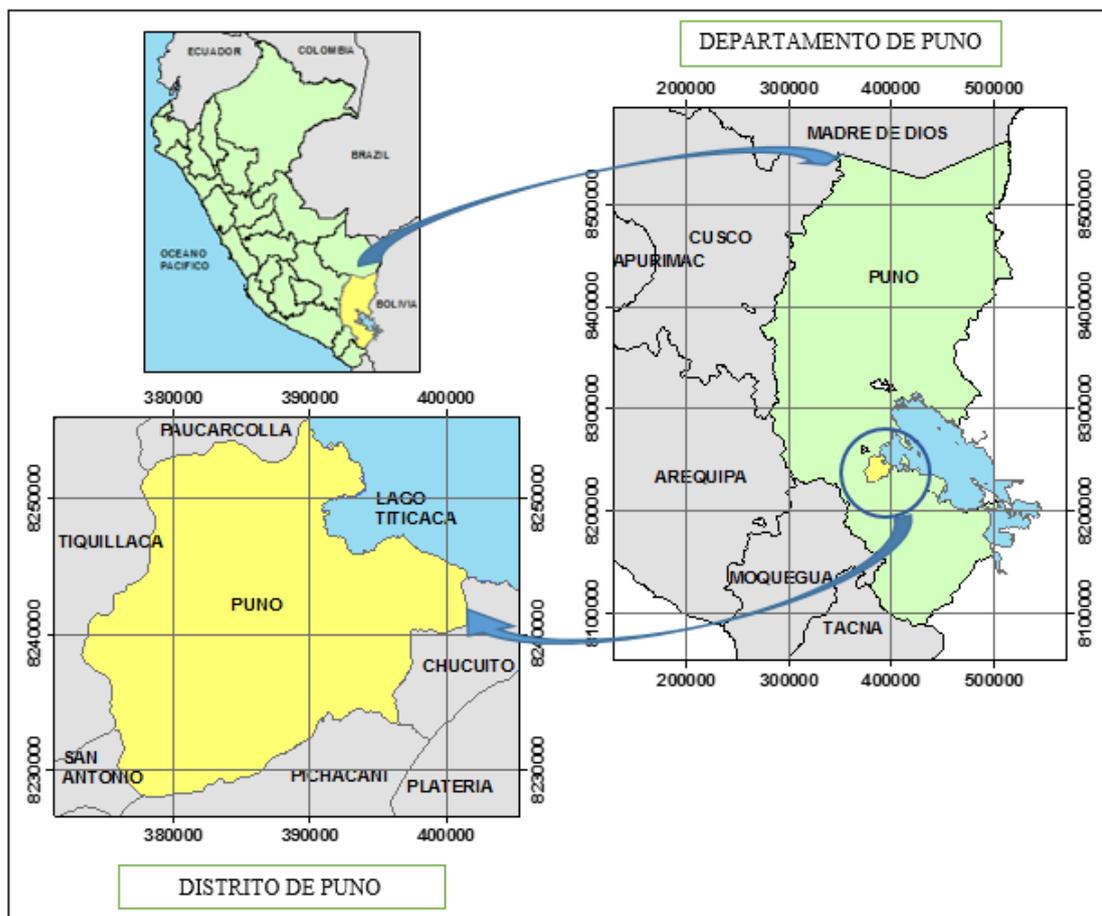


Figura 19: Ubicación del Distrito de Puno
Fuente: Elaboración propia

b) ACCESIBILIDAD

El acceso peatonal y vehicular a la zona del proyecto por el norte es a través de la Av. Floral y por el sur por el Jr. Branden. La zona del proyecto es una vía principal de la ciudad de Puno, catalogada como zona comercial porque existe varios tipos de comercios como tiendas de venta de abarrotes, frutas, ladrillo, yeso, repuestos, celulares además de talleres de mecánica entre otros.



Figura 20: Ubicación de la Obra
Fuente: Expediente técnico

c) PRESUPUESTO DE OBRA

El presupuesto del proyecto asciende a la suma de S/. 6,660,029.20 (SEIS MILLONES SEISCIENTOS SESENTA MIL VEINTINUEVE CON 20/100 SOLES)

d) MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La modalidad de ejecución es por administración directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

3.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es observacional porque no existe intervención del investigador y los datos reflejan la evolución natural de los eventos; es transversal porque todas las variables son medidas en una sola ocasión y prospectivo debido a que los datos son recogidos en campo. El nivel de la investigación corresponde al descriptivo.



3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

Se consideró como población a toda la maquinaria utilizada en la construcción de la infraestructura vial de la Avenida Simón Bolívar tramo Jr. Branden-Avenida Floral de la ciudad de Puno.

3.3.2 MUESTRA

El muestreo fue no probabilístico, conformado por las maquinarias pesadas y equipos livianos utilizados en el proyecto durante el periodo de investigación, siendo las siguientes:

- 01 Autohormigonera Carmix 3.5TT
- 01 Minicargador CAT 242B2
- 01 Motoniveladora Komatsu GD511A
- 01 Rodillo Vibratorio Dynapac CA250
- 01 Retroexcavadora CAT 420E
- 01 Cargador Frontal CAT 938G
- 01 Volquete Volvo NL12
- 01 Rotomartillo Bosch GSH 27VC
- 01 Cortadora de concreto Masalta MF16-4
- 01 Mezcladora de concreto 11p3 Dynamic Gx390HQX
- 01 Apisonadora Masalta EMR70H
- 01 Vibradora de concreto Pitbull CNVR

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7: Operacionalización de variables

TIPOS DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable independiente	Ruido generado por la maquinaria	Decibeles	Ficha de campo
Variable dependiente	Contaminación sonora	Nivel de ruido mayor a 70 dB	Comparación con los estándares de calidad ambiental de ruido DS N°085-2003-PCM
	Exposición al ruido del personal obrero durante los trabajos en la jornada laboral	Porcentaje de dosis de exposición al ruido	Comparación con el Reglamento nacional de edificaciones Norma G.050 Seguridad durante la construcción
	Efectos del ruido a la población moradora y residente en la Av. Simón Bolívar	Estrés y desconcentración	Encuesta

Fuente: Elaboración propia

3.5 METODOLOGÍA

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

A) Respecto a determinar el nivel de ruido generado por las maquinarias

- Para la medición del nivel de presión sonora en el ambiente se utilizó un Sonómetro clase 2, marca PRASEK®PREMIUN modelo PR-352 con certificado de calibración vigente. Se instaló el protector anti-viento en el micrófono con dirección a la fuente sonora de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.



Figura 21: Sonómetro PRASEK®PREMIUN PR-352
Fuente: Elaboración propia

- El sonómetro (Sound Level Meter SLM de sus siglas en inglés) se programó en la ponderación “A” en el dominio de la frecuencia y Fast “F” o Slow “S” en el dominio del tiempo, según las necesidades del monitoreo de ruido.
- La posición del sonómetro consistió en que verticalmente se encontrara a una altura de 1.50m y horizontalmente a 2m de distancia medidas con un flexómetro de la fuente sonora, siendo éste el escape de los motores de las maquinarias y equipos evaluados.

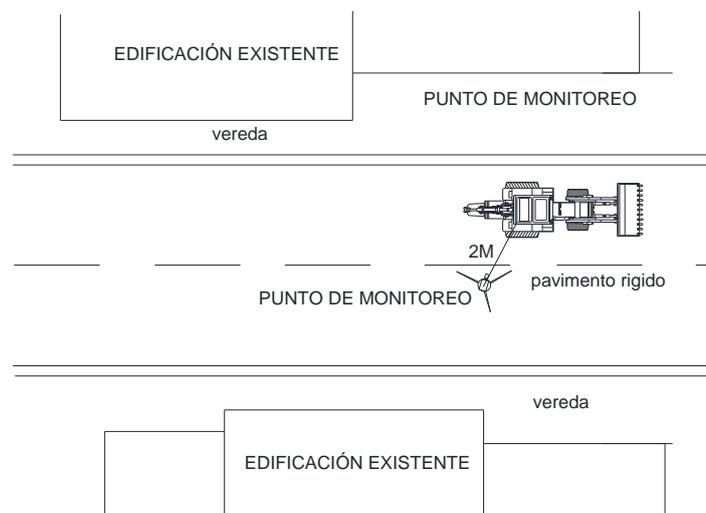


Figura 22: Distancia de punto de monitoreo de la fuente sonora
Fuente: Elaboración propia



- Se realizó el monitoreo utilizando ficha de campo (Anexo 1), en el que se registra los datos obtenidos del ruido de las maquinarias cada 5 minutos, para posteriormente con la cantidad muestras realizadas determinar el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones a través de la siguiente fórmula.

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB \quad (7)$$

Donde:

n : es el número de la medición de la labor de trabajo

N : es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la medición n

- El número total de muestras realizadas por cada maquinaria fue de 100, posteriormente se realizó un análisis con el programa estadístico MINITAB de la prueba de normalidad de Anderson-Darling (AD) para evaluar el ajuste de la distribución, donde p-valor de la totalidad de muestras es mayor al nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.
- Se realizó además con el programa estadístico MINITAB un gráfico de distribución normal con todos los datos para mostrar la frecuencia y la desviación estándar del nivel de presión sonora de ponderación A registrado durante el monitoreo.
- Seguidamente se realizó un gráfico de comparación de los niveles de ruido producido por las maquinarias pesadas y equipos livianos utilizados en obra.

B) Respecto a la comparación de nivel ruido generado por las maquinarias con los estándares de calidad ambiental (ECA)

- En la ficha de campo (Anexo 1) se registra los puntos de monitoreo en coordenadas UTM utilizado un GPS GARMIN modelo ETREX 10 con certificado de calibración vigente.



Figura 23: GPS Garmin Etrex 10
Fuente: Elaboración propia

- En cada punto de monitoreo el muestreo se realizó cada 5 minutos, seguidamente con la cantidad de muestras realizadas se determinó el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la medición n , conforme a la fórmula N° 7. Un aspecto importante que se tiene que tener en cuenta es la distancia perpendicular desde la posición de micrófono del sonómetro a la superficie reflectante que puede ser la fachada de la vivienda u otra superficie reflectante debe ser mínimo 3m con la finalidad de evitar la reflexión de las ondas sonoras y que esto conlleve a un error en la medición de nivel de ruido.
- Para la elaboración de mapa de ruido se utilizó el Software ArcGis, y a través de su herramienta Interpolación Kriging, el cual ajusta una función

matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación.

- A partir de los mapas de ruido obtenido se realizó una extrapolación a una distancia de 10 m, dicha distancia representa la distancia promedio del eje del carril hasta la pared de la vivienda.
- Obtenido los resultados de la extrapolación se realizó la comparación con los estándares de calidad ambiental para ruido que han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido aprobado por el D.S. N° 085-2003-PCM.

Tabla 8: Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido

Zonas de aplicación en LaeqT	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: Decreto supremo N°085-2003-PCM

En la tabla se puede observar los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben exceder a fin de proteger la salud humana. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con ponderación A. La zona de aplicación en LaeqT para la presente investigación es la zona comercial de acuerdo al plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno que es un área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades comerciales y de servicios.

- Luego se realizó un gráfico de comparación del nivel de ruido generado por las maquinarias con los estándares de calidad ambiental (ECA).

C) Respecto a la determinación de nivel de exposición al ruido del personal obrero durante los trabajos

- Para determinar el nivel de exposición al ruido $L_{EX,8h}$ ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 horas de los trabajadores se empleó el método basado en la jornada completa identificando los trabajos y las tareas realizadas durante el proceso constructivo conforme lo indica la NTP-ISO 9612-2010.

En la figura se muestra una jerarquía de trabajos y tareas.

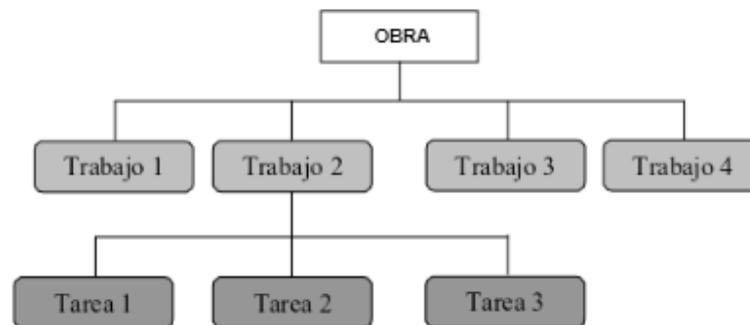


Figura 24: Jerarquía de trabajos y tareas
Fuente: NTP - ISO 9612-2010

El ruido fluctúa en forma aleatoria durante los trabajos en la jornada laboral tal como se muestra en la figura, por lo que se debe registrar los períodos de las tareas y obtener muestras de nivel de ruido con las mediciones respectivas durante la jornada completa.

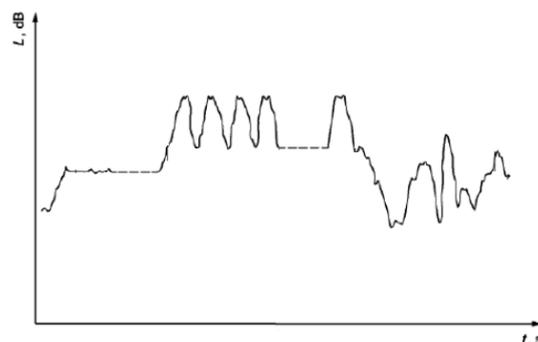


Figura 25: Ejemplo comportamiento del ruido durante la jornada laboral
Fuente: NTP - ISO 9612-2010



- Para determinar el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral $L_{p,A,eqTe}$ se realizó el registro del monitoreo en ficha de campo (Anexo 2) cada 5 min para representar la exposición al ruido de los trabajadores. Si los resultados difieren en más de 3 dB, se efectuó al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa, y calculó el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada laboral para obtener la media energética de todas las mediciones. Con la siguiente fórmula: $L_{p,A,eqTe}$

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB \quad (8)$$

Donde:

$L_{p,A,eqTn}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

n es el número de la medición de la labor de trabajo

N es el número total de mediciones de la labor de trabajo

- Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqTe} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) dB \quad (9)$$

Donde:

$L_{p,A,eqTe}$ el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral 9.5 horas

T_0 es la duración de referencia, $T_0 = 8$ h

- Cálculo de incertidumbre

Durante las mediciones de ruido realizadas existen aspectos que generan cierta desconfianza o certeza de algo llamado incertidumbre, éstas pueden ser causadas por las variaciones de trabajo diario, los instrumentos y la calibración, las contribuciones falsas, por ejemplo del viento, de las corrientes de aire, los impactos en el micrófono o el roce del micrófono sobre la ropa, las contribuciones de fuentes de ruido, la palabra, la música (radio), las señales de alarma. Estas incertidumbres deben tener especial atención con la finalidad de que no genere una medición muy errónea. Así la NTP-ISO 9612-2010 señala para que exista la confiabilidad en el método indicado desarrolla tres incertidumbres basadas empíricamente, a saber:

- a) Determinación de Incertidumbre estándar, u_1 , debida al muestreo del nivel de ruido

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]} \quad (10)$$

$$\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n} \quad (11)$$

Donde:

$\bar{L}_{p,A,eqT}$ es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

N es el número total de mediciones de la labor-trabajo

- b) Determinación de la Incertidumbre estándar, u_2 , en la tabla debida a los instrumentos utilizados. Para la presente investigación u_2 es 1.5

Tabla 9: Desviación estándar según el tipo de instrumento utilizado

Tipo de instrumentación	Desvío estándar u_2 (o $u_{2,m}$) Db
Sonómetro de clase 1, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0.7
Dosímetro sonoro personal, como se especifica en la Norma IEC 61252	1.5
Sonómetro de clase 2, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1.5

Fuente: NTP - ISO 9612, 2010

c) Incertidumbre estándar, u_3 , debida a la posición del micrófono

La incertidumbre estándar, u_3 , de acuerdo a la NTP - ISO 9612-2010 es 1db

d) Cálculo mediante interpolación, la contribución a la incertidumbre, c_1u_1 , de la tabla C.4 según Anexo 6.

$$m = \frac{c_2u_2 - c_0u_0}{u_2 - u_0} \quad (12)$$

$$c_1u_1 = c_0u_0 + m(u_1 - u_0) \quad (13)$$

Donde:

m es la pendiente

u_0, u_1, u_2 son puntos del eje de las abscisas pertenecientes al número total de jornadas completas evaluadas N

c_0u_0, c_1u_1, c_2u_2 son las contribuciones de las incertidumbres para los rangos de las abscisas

e) Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u , y de la incertidumbre expandida, U

El valor de $c_1=1$ obtenido de la tabla C.3 según Anexo 6.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2u_1^2 + c_2^2(u_2^2 + u_3^2) \quad (14)$$

$$U^2(L_{EX,8h}) = 1.65 * \sqrt{u} \quad (15)$$

- Cálculo de la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente " $L_{EX,8h}$ " en " T_e "

$$\%dosis = \left(\frac{T_e}{8}\right) x 2^{(L_{EX,8h}-85)/3} \quad (16)$$

Donde:

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral 9.5 horas

$L_{EX,8h}$ nivel diario de exposición al ruido ponderado A

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G.050 seguridad durante la construcción, indica el tiempo máximo de exposición frente al nivel de ruido, con el cual se puede realizar la comparación de acuerdo a los resultados obtenidos.

Tabla 10: Tiempo máximo de exposición al ruido

Nivel de ruido (dBA)	Nivel de permanencia (Hora/Día)
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	2 horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora/día

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones Norma G.050 seguridad durante la construcción

D) Respecto a evaluar los principales efectos del ruido generado por las maquinarias a la población moradora y residente de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno.

Para realizar una valoración subjetiva, evaluar las molestias y los principales efectos del ruido generado por las maquinarias se realizó una encuesta a la población moradora y residente de la Av. Simón Bolívar. Como se ha podido demostrar en diversos estudios que el ruido afecto de manera negativa ocasionando molestias perturbando el desarrollo normal de las actividades diarias como por ejemplo la comunicación, el descanso, el estudio, además



ocasionando irritabilidad, estrés, desconcentración y en el peor de los casos afectando al aparato auditivo.

El diseño de la presente encuesta, toma en consideración las especificaciones para estudios socio-acústicos contenidas en la norma ISO/TS 15666:2003, cuyo objetivo es uniformizar con el uso de preguntas cerradas con una escala Likert de valoración verbal dando así mayor claridad y entendimiento a las preguntas realizadas.

Asimismo se toma como referencia los estudios socio-acústicos, como el estudio de percepción social del ruido ambiental en el Distrito de Lurín (Licla, 2016), la evaluación de ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín - Colombia (Ortega et al., 2005), la evaluación de impacto acústico generado por el tráfico vehicular en las vías circundantes al cuartel general del ejército del Perú (Vargas, 2014).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 NIVEL DE RUIDO GENERADO POR LA MAQUINARIA PESADA Y EQUIPOS LIVIANOS

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos realizados en obra. Estos fueron analizados mediante la media aritmética logarítmica y estadísticamente conforme a los Anexo 3 y 4, de lo cual se observa que las maquinarias pesadas generan distintos niveles de ruido.

Tabla 11: Nivel de ruido generado por las maquinarias pesadas

DESCRIPCIÓN	POTENCIA	DECIBEL (dBA)
Autohormigonera Carmix 3.5TT	111 HP	81.96
Minicargador CAT 242B2	62 HP	81.84
Motoniveladora Komatsu GD511A	135 HP	86.50
Rodillo Vibratorio Dynapac CA250	110 HP	87.81
Retroexcavadora CAT 420E	93 HP	77.68
Cargador Frontal CAT 938G	158 HP	86.67
Volquete Volvo NL12	360 HP	81.95

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

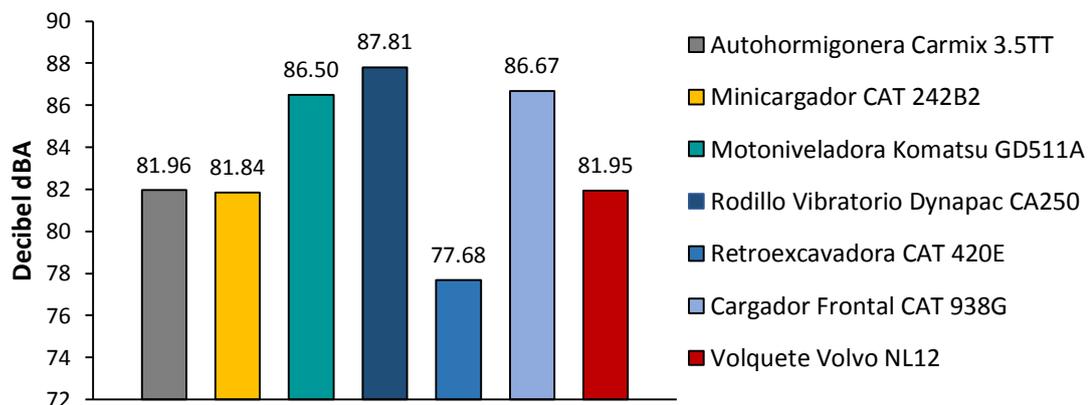


Figura 26: Comparación del nivel de ruido generado por las maquinarias pesadas
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En el monitoreo de maquinaria pesada los que generan mayor nivel de ruido conforme a la figura 26 es la motoniveladora Komatsu GD511, rodillo vibratorio Dynapac CA250 y el cargador frontal CAT 938G.

Mellado (2017), en su investigación realizada elabora mapas de ruido en las cuales se observa que el nivel de ruido generado por la motoniveladora a una distancia de 2m varía entre 75 a 80 dB, de igual manera el rodillo vibratorio varía entre 80 a 85 dB, del mismo modo la retroexcavadora varia de 70 a 75 dB, mientras que el volquete varía entre 70 a 75 dB. De igual forma Mielles (2015) obtiene resultados de que el rodillo vibratorio alcanza a generar 86 dB, asimismo Quispe (2018) obtiene resultados del nivel de ruido generado por la retroexcavadora que varía entre 65 a 79 dB, de la motoniveladora varía entre 65 a 91.

Como se puede observar los resultados obtenidos en la presente investigación son similares debido a que las maquinarias no todos son de una misma potencia, modelo y marca.

Tabla 12: Nivel de ruido generado por los equipos livianos

DESCRIPCIÓN	POTENCIA	DECIBEL (dBA)
Rotomartillo Bosch GSH 27VC	2000W	92.04
Cortadora de concreto Masalta MF16-4	13 HP	95.71
Mezcladora de concreto 11p3 Dynamic Gx390HQX	13 HP	86.19
Apisonadora Masalta EMR70H	5.5 HP	88.06
Vibradora de concreto Pitbull CNVR	5.5 HP	86.40

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

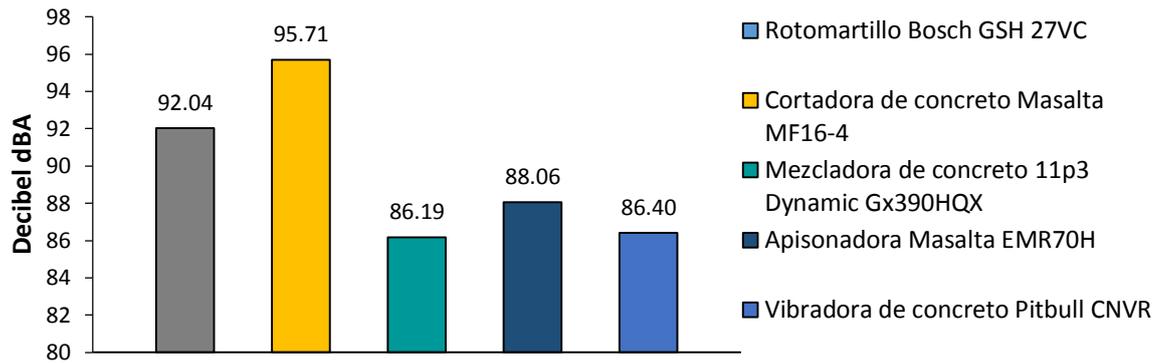


Figura 27: Comparación del nivel de ruido generado por los equipos livianos
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Del monitoreo de ruido de los equipos livianos resulta que de éstos los que generan mayor nivel de ruido conforme a la figura 27 es el rotomartillo Bosch GSH 27VC y la cortadora de concreto Masalta MF16-4. Se observa además que a pesar de la potencia de los equipos, generan niveles de ruido igual e incluso mayor al ruido generado por las maquinarias pesadas.

En el estudio realizado por Mosquera (2003), menciona en sus resultados la obtención de los niveles de ruido equivalente de los equipos usados en la construcción, el trompo mezclador a una distancia de 2m genera un nivel de ruido de 89.9 dB, sonda vibradora 84.7 dB, sierra circular 98.6 dB; mientras que Quispe (2018) logra obtener resultados del nivel de ruido de la mezcladora de concreto que varían entre 80 a 91 dB, que al realizar una comparación con los precedentes resultados se observa que los niveles de ruido en la presente investigación son similares.

4.2 COMPARACIÓN DEL RUIDO GENERADO DE LAS MAQUINARIAS CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Para evaluar cuáles son las maquinarias que producen contaminación sonora, se tiene que considerar la zona de estudio, que para la presente investigación es la Avenida Simón Bolívar que según el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno es considerada como zona comercial conforme al Anexo 8, por lo que de acuerdo al D.S.

N° 085-2003-PCM de estándares de calidad ambiental (ECA), debe existir un máximo de 70 dB durante el día tratándose de zona comercial. Al realizar una extrapolación a una distancia de 10 m en los mapas de ruido elaborados para cada maquinaria los cuales se muestran en los Anexo 3 y 4 se obtiene el nivel de presión sonora de ponderación A, los cuales se muestran en las figuras 28 y 29 a los que se realiza una comparación con el límite máximo permisible (ECA). En los mapas de ruido elaborados para cada maquinaria se observó que las ondas sonoras tienden a propagarse en forma esférica, esto puede ser porque las maquinarias realizan un trabajo, que por lo general es en línea recta y con baja velocidad de desplazamiento, por lo cual se puede considerar a todos como fuentes sonoras puntuales.

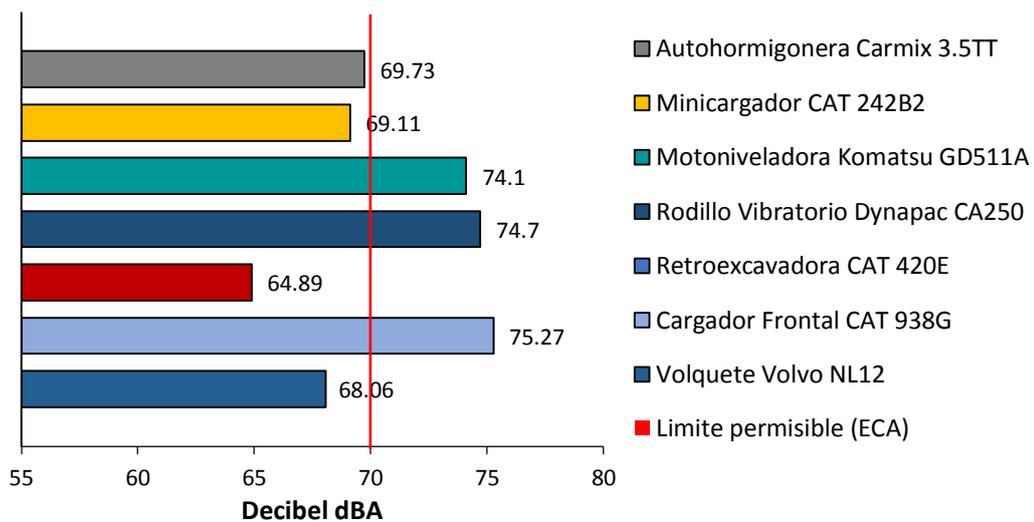


Figura 28: Comparación del ruido generado por la maquinaria pesada con el (ECA)
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se puede observar en la figura 28 las maquinarias pesadas que generan contaminación sonora sobrepasando los estándares de calidad ambiental son la motoniveladora Komatsu GD 511^a, rodillo vibratorio Dynapac CA250 y el cargador frontal CAT 938G, mientras que la autohormigonera Carmix 3.5TT, minicargador CAT 242B2, retroexcavadora CAT 420E y el volquete Volvo NL12 no generan contaminación sonora.

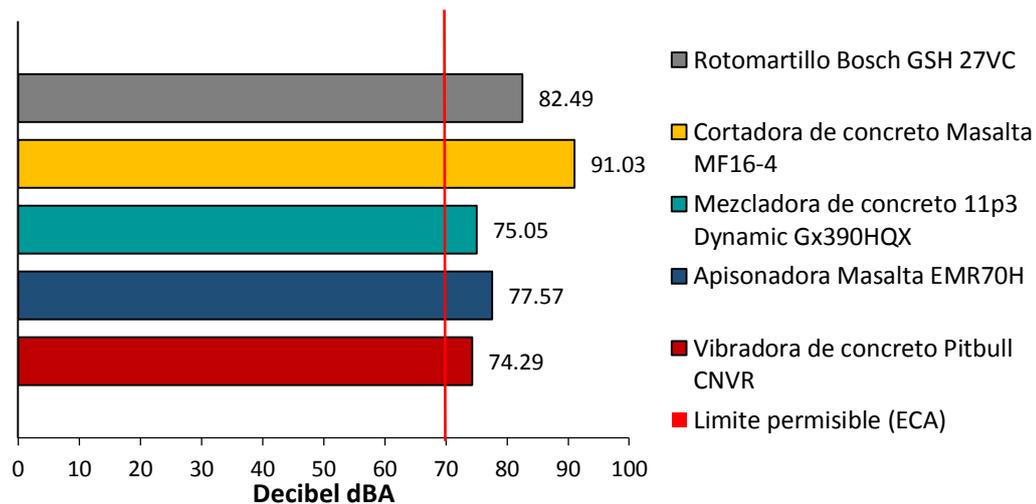


Figura 29: Comparación del ruido generado por los equipos livianos con el (ECA)
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se puede observar en la figura 29 todas las maquinarias livianas generan contaminación sonora sobrepasando los estándares de calidad ambiental el rotomartillo Bosch GSH 27VC, cortadora de concreto Masalta MF16-4, mezclador de concreto 11p3 Dynamic GX390HQX, apisonadora Masalta EMR70H y vibradora de concreto Pitbull CNVR.

Mellado (2017), al realizar la investigación para una zona residencial sobre si los equipos mecánicos producían contaminación sonora, concluye que el volquete y la retroexcavadora no superan los estándares de calidad ambiental, mientras tanto la excavadora sobre oruga, motoniveladora, rodillo vibratorio, generador eléctrico, triturador de piedra superan los estándares de calidad ambiental; por lo que comparando dichos resultados se obtuvieron resultados similares debido que en ambos casos si existen maquinarias que sobrepasan los ECA para ruido.

4.3 RESPECTO AL NIVEL DE RUIDO AL CUAL ES SOMETIDO DURANTE LOS TRABAJOS EL PERSONAL OBRERO

En el Anexo 5 se muestra los cálculos de monitoreo de ruido al cual fueron sometidos el personal obrero durante los distintos trabajos. Durante el monitoreo se

realizaron muestras cada 5 minutos y durante toda la jornada laboral cubriendo todas las contribuciones de ruido relativo a las labores, incluido los períodos tranquilos relacionados con el trabajo.

La estrategia de medición fue de jornada completa, donde se tiene que garantizar que los días escogidos sean representativos; lo que se define como la situación de trabajo relevante. Las mediciones se realizaron durante tres jornadas completas, recomendándose esta metodología cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo.

El objetivo principal en cada jornada laboral es determinar $L_{p,A,eqTn}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, y con los datos poder determinar el nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{EX,8h}$ finalmente se calcula la dosis de exposición al ruido realizando una comparación con el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma G.050 seguridad durante la construcción.

De los tres tipos de trabajos evaluados en dos de ellos el personal obrero ha sufrido una sobre-exposición al ruido tal como se detalla a continuación.

- **base granular E=0.20m. (agregado producido)c/equipo para ciclovía**

Tabla 13: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en trabajos de base granular E=0.20m para ciclovía

N° de trabajadores	$L_{EX,8H}$ (dBA)	Incertidumbre expandida (dBA)	Dosis	Dosis permitido	Cumple
4 peones	86.29	1.87	143.00 %	≤ 100 %	No

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Conclusión: El personal en los trabajos de BASE GRANULAR E=0.20M. (AGREGADO PRODUCIDO)C/EQUIPO PARA CICLOVIA, están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 86.29 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 1.87 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 %



($k = 1,65$). Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible.

- **sardineles - encofrado y desencofrado Hprom 0.40 m**

Tabla 14: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en sardineles – encofrado y desencofrado Hprom 0.40m

N° de trabajadores	$L_{EX, 8H}$ (dBA)	Incertidumbre expandida (dBA)	Dosis	Dosis permitido	Cumple
1 operario, 3 oficiales 4 peones	86.02	1.82	134.40 %	$\leq 100 \%$	No

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Conclusión: El personal en los trabajos de SARDINELES - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO HPROM 0.40 M, están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 86.02 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 1.82 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ($k = 1,65$). Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible.

- **veredas - C:H F'c= 210 kg/cm2 e=0.20m coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado**

Tabla 15: Resultado del ruido al cual está sometido el personal obrero en concreto en veredas coloreado incluye acabado y bruñado

N° de trabajadores	$L_{EX, 8H}$ (dBA)	Incertidumbre expandida (dBA)	Dosis	Dosis Permitido	Cumple
6 operarios 4 oficiales 2 peones	79.27	2.01	28.29 %	$\leq 100 \%$	Si

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Conclusión: El personal en los trabajos de VEREDAS - C:H F'C= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO, están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 79.27 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 2.01 dB, para una probabilidad



de cobertura unilateral del 95 % ($k = 1,65$). Dado que no excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por debajo del límite máximo permisible.

Aleaga del Salto y Espín (2017), en el estudio de incidencia del ruido de los operadores de área de producción de productos plásticos menciona en sus conclusiones de manera general que se ha determinado un valor de 98.94 dB de presión sonora en 8 horas, el cual afecta en forma de trastorno de oído en los operarios. La dosis que se calculó es de 116% lo que significa que el tiempo de exposición se ha sobrepasado, la sobreexposición a los niveles de ruido que sean superiores a los 85 dB genera que la dosis supere el 100% por lo que se requiere implementar medidas de control de ruido. Realizando una comparación con dichos resultados se observa que un indicador de suma importancia es la dosis de exposición al ruido al que es sometido el trabajador, si ésta supera el límite permisible se deben realizar las gestiones y mitigaciones a fin de evitar efectos adversos a la salud.

4.4 RESPECTO A LOS EFECTOS DEL RUIDO GENERADO POR LAS MAQUINARIAS A LA POBLACION MORADORA Y RESIDENTE DE LA AV. SIMON BOLIVAR

Para la evaluación de los principales efectos del ruido generado por las maquinarias a la población que reside en la zona de la obra (Av. Simón Bolívar) se ha realizado una encuesta conforme al Anexo 9, en el cual se evalúa la confiabilidad del instrumento de medición utilizando el método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach y la validez del instrumento mediante un análisis factorial exploratorio.

A) DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

• SEXO

En relación al sexo, se observa que el 38.0 % de los encuestados son de sexo masculino y el 62.0 % de los encuestados son de sexo femenino. En la investigación realizada por Liclia (2017) a los comerciantes en el distrito de Lurín, un 55.6% de los encuestados son de sexo femenino, el 44.4% de los encuestados son de sexo masculino, comparando con la presente investigación en la ciudad de Puno los porcentajes son similares.

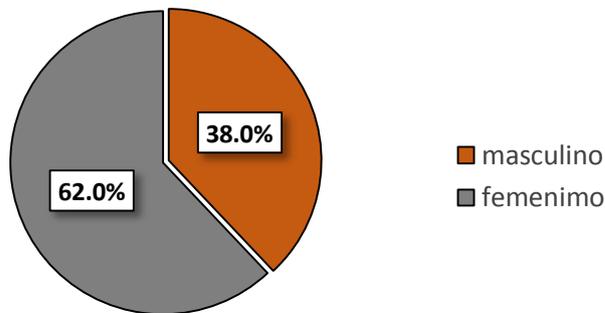


Figura 30: Datos sociodemográficos sobre sexo
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

• EDAD

Se observa que el 5.0% tienen entre 15 a 24 años, el 17.0% tienen entre 25 a 34 años, el 26.0% tienen entre 35 a 44 años, el 28.0% tienen entre 45 a 54 años, el 19.0% tienen entre 55 a 64 años y 5.0% mayor a 65 años. Los porcentajes de la edad poblacional de la presente investigación son similares a los realizados por Liclia (2017), donde el 18,5% son entre 15 a 24 años, 26.7% tienen entre 25 a 34 años, 22.0% entre 35 a 44 años, 15,1% entre 45 a 54 años, 12.5% entre 55 a 64 años, y un 5.2% mayor a los 65 años.

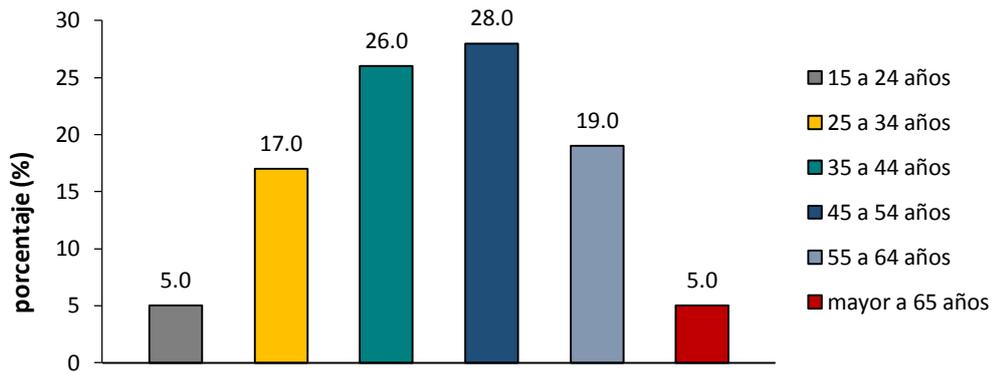


Figura 31: Datos sociodemográficos sobre edad
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- **NIVEL DE INSTRUCCIÓN**

Respecto al nivel de instrucción el 5.0% de los encuestados cuentan con estudio de primaria, el 41.0% cuenta con educación secundaria, el 34.0% cuenta con educación técnica y finalmente el 20.0% cuenta con educación universitaria. En la investigación realizada por Liclia (2017) de la población encuestada un 6% no cuenta con estudios básicos, 37.1% cuenta con estudios primarios completos, 48.3% cuenta con educación secundaria, 7.3% técnica superior, 1.3% cuenta con estudios universitarios, en función de estos resultados podemos observar que los porcentajes obtenidos son muy similares a los realizados en la presente investigación.

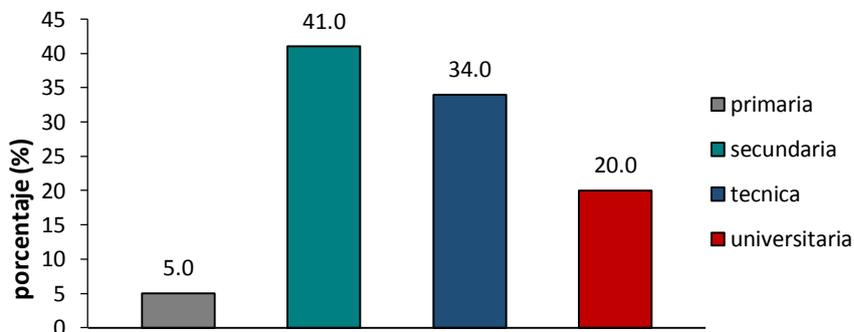


Figura 32: Datos sociodemográficos sobre nivel de instrucción
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

B) SENSIBILIDAD Y MOLESTIAS DEL RUIDO

En cuanto a la sensibilidad al ruido de los encuestados, el 15,0% son ligeramente sensibles al ruido, el 20,0% son moderadamente sensibles al ruido, el 51,0% son bastante sensibles al ruido y el 14,0% son extremadamente sensibles al ruido. Asimismo, en la investigación realizada por Liclia (2017), concluye que de la totalidad de encuestados el 13,4% son ligeramente sensibles, el 50,4% moderadamente, el 21,6% bastante, 5,6% extremadamente, 9,1% no son nada sensibles al ruido, por lo se puede observar similitudes debido a que éstas fueron realizadas a los efectos causados por el ruido del tráfico vehicular en un zona comercial.

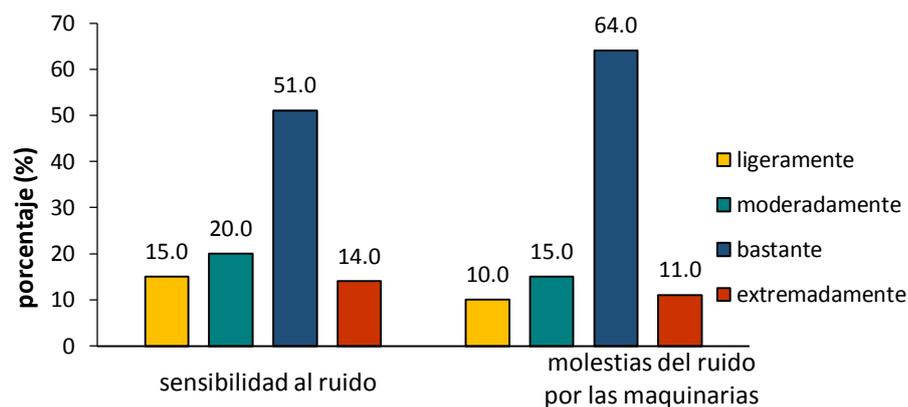


Figura 33: Sensibilidad y molestias del ruido generado por las maquinarias
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con respecto a las molestias del ruido generado por las maquinarias en la obra el 10,0% manifiesta que les molesta ligeramente, el 15,0% manifiesta que les molesta moderadamente, el 64,0% manifiesta que les molesta bastante y el 11,0% manifiesta que les molesta extremadamente. Liclia (2017) menciona que de la encuesta realizada a los comerciantes del total, el 22,8% no les causa molestia el ruido generado por obras y construcciones, el 35,8% ligeramente, 25,0% moderadamente, 11,2 % bastante, 5,2% extremadamente, se puede observar que el porcentaje de población que les causa

bastante molestia son mayores en la presente investigación debido a que la población fue afectada directamente por el ruido generado por las maquinarias.

C) ACTITUDES FRENTE AL RUIDO

En cuanto a las actitudes frente a si les preocupa la posibilidad de tener algún daño auditivo por causa de la exposición al ruido, el 15,0% afirma que no les preocupa, el 26.0% afirma que les preocupa ligeramente, el 30.0% afirma que les preocupa moderadamente, el 24.0% afirma que les preocupa bastante y el 5.0% manifiesta que les preocupa extremadamente.

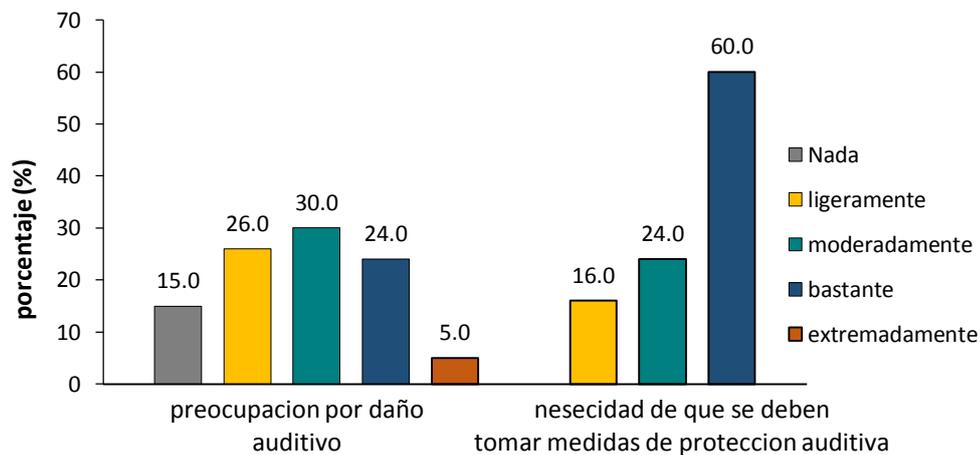


Figura 34: Actitudes frente al ruido
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En cuanto a si siente la necesidad de que se deben tomar medidas de protección auditiva frente a altos niveles de ruido, el 16,0% manifiesta que se deben tomar medidas de manera ligera, el 24.0% manifiesta que se deben tomar medidas moderadamente, el 60.0% afirma se deben tomar bastantes medidas de protección auditiva.

D) VALORACION DEL AMBIENTE

Con respecto a que tan molesto siente al ruido en el interior de su vivienda o local de trabajo, el 16,0% manifiesta que les causa molestia ligeramente, el 24.0%

manifiesta que les causa molestia moderadamente, el 45.0% manifiesta que les causa bastante molestia y el 15.0% manifiesta que les causa molestia extremadamente.

En cuanto considera que el ruido ambiental deteriora su bienestar y/o confort, el 5.0% afirma que les afecta ligeramente en su bienestar y/o confort, el 35.0% manifiesta moderadamente, el 51.0% manifiesta bastante y el 9.0% manifiesta que les afecta extremadamente en su bienestar y/o confort. De manera similar Licla (2017), en su investigación realizada en el distrito de Lurín concluye que el 7.8% de los comerciantes manifiesta que el ruido afectó extremadamente su bienestar y/o confort, el 25,4% bastante, 49.6% moderadamente, 10.3% ligeramente.

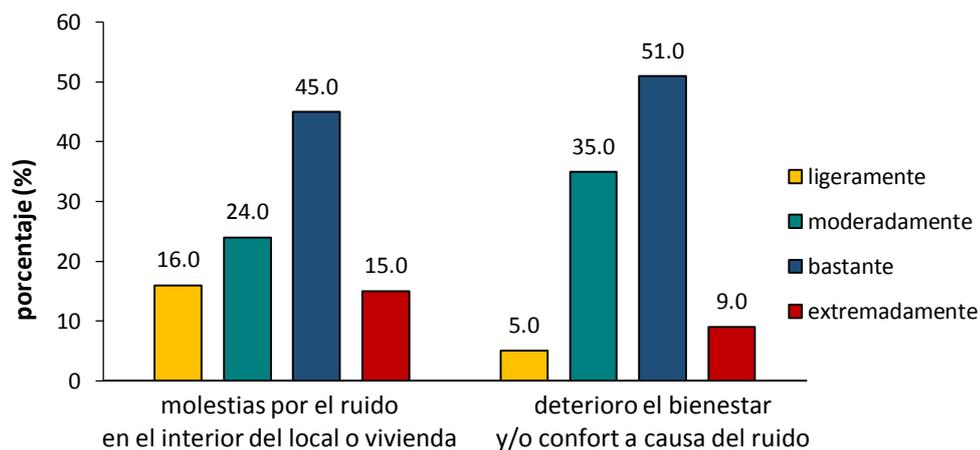


Figura 35: Molestias en el interior de las viviendas por el ruido y deterioro del bienestar y/o confort

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En relación a si el ruido ambiental perturba o interrumpe sus actividades, el 15.0% afirma que les afecta ligeramente durante sus actividades, el 30.0% manifiesta moderadamente, el 47.0% manifiesta bastante y el 8.0% manifiesta que les afecta extremadamente perturbando e interrumpiendo sus actividades. Asimismo, Licla (2017) señala que los comerciantes en el distrito de Lurín un 4.3% manifiestan que se sienten extremadamente afectados por el ruido en sus actividades, 44.0% bastante, 28.0%

moderadamente, 14.2% ligeramente. Estos resultados son muy similares con la presente investigación realizada en la ciudad de Puno.

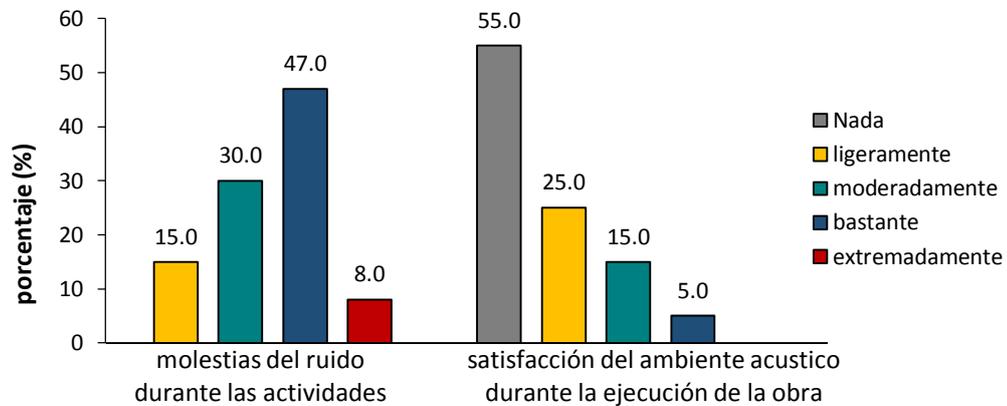


Figura 36: Molestias por el ruido durante las actividades y satisfacción del ambiente acústico durante la ejecución de la obra

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con respecto a la satisfacción del ruido ambiental durante la ejecución de la obra, el 55.0% afirma no se encuentra nada satisfecho, el 25.0% afirma que está ligeramente satisfecho, el 15.0% afirma que está satisfecho moderadamente y el 5.0% manifiesta que está bastante satisfecho. De manera similar Liclia (2017) señala en su investigación que los comerciantes en el distrito de Lurín el 3% manifiesta que están extremadamente satisfechos con el ambiente acústico, el 13.8% moderadamente satisfechos, 35.3% ligeramente satisfechos y el 21.1% no están nada satisfechos. Como se puede observar los resultados son semejantes a los realizados en la presente investigación.

E) EFECTOS DEL RUIDO

Con respecto a los efectos del ruido sobre la interrupción en la conversación, el 13.0% afirma que les afecta ligeramente, el 27.0% afirma que les afecta moderadamente, el 55.0% afirma que les afecta bastante y el 5.0% manifiesta que les afecta extremadamente.

Con respecto a los efectos del ruido sobre si le interrumpe al escuchar música y/o ver televisión, el 16.0% manifiestan que les afecta ligeramente, el 34.0% manifiesta que les afecta moderadamente, el 50.0% afirma que les afecta bastante.

Con respecto a los efectos del ruido sobre si le interrumpe su estudio y/o lectura, el 9.0% manifiestan que les afecta ligeramente, el 30.0% manifiesta que les afecta moderadamente, el 58.0% manifiesta que les afecta bastante y el 3.0% manifiesta que les afecta extremadamente.

En la investigación realiza por Liclia (2017) en el distrito de Lurín sobre la percepción frente al ruido del tráfico vehicular concluye que el 37.5% de los comerciantes mencionan que les interrumpe frecuentemente, 21.1% siempre, de igual manera el 31.5% de los comerciantes señalan que frecuentemente les interrumpe escuchar música y/o televisión, 15.1% siempre es interrumpido, por otro lado 25% de los comerciantes mencionan que raramente les interrumpe estudiar y/o leer, 18,1% nunca ha interferido en el estudio y/o lectura. Se puede observar que los resultados resultan ser similares a la presente investigación debido a que el nivel de ruido por el tráfico vehicular es menor a lo que genera las maquinarias durante el proceso de ejecución de la obra.

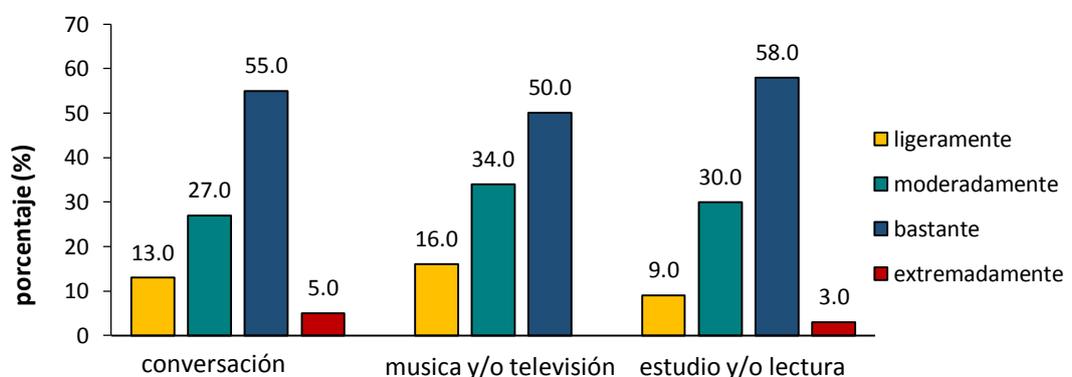


Figura 37: Actividades interrumpidas por el ruido
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



En cuanto a los efectos del ruido el descanso y reposo el 7.0% manifiestan que no les afecta, el 10.0% manifiesta que les afecta ligeramente, el 24.0% manifiesta que les afecta moderadamente, el 50.0% manifiesta que les afecta bastante y el 9.0% manifiesta que les afecta extremadamente.

A la pregunta si por causa del ruido ha sentido la sensación de haber sufrido un trauma acústico, el 30.0% manifiestan que no ha sentido nada, el 45.0% manifiesta que ha sentido ligeramente, el 15.0% manifiesta que ha sentido moderadamente, el 10.0% manifiesta que ha sentido bastante.

A la pregunta si a consecuencia del ruido usted ha sentido que le genera irritabilidad, el 10.0% de los encuestados manifiestan que no les ha generado irritabilidad, el 23.0% de los encuestados manifiesta que les genera irritabilidad ligeramente, el 19.0% de los encuestados manifiesta que les genera irritabilidad moderadamente, el 37.0% de los encuestados manifiesta que les genera bastante irritabilidad y el 11.0% de los encuestados manifiesta que les genera irritabilidad extremadamente.

Liclia (2017), concluye que en el distrito de Lurín el 31.5% de los comerciantes manifiestan que les interrumpe su descanso, el 28.0% raramente, y el 21.1% no les afecta, así mismo el 35.3% manifiesta que raramente el ruido les genera irritabilidad y un 39.7% que nunca les generó irritabilidad. Como se observa los valores difieren debido a que ésta investigación fue realizada sobre la percepción por parte de los residentes de la zona (comerciantes de la Av. Simón Bolívar) frente al ruido del tráfico vehicular, sin embargo los efectos del ruido de las maquinarias son superiores por el alto nivel de ruido por consiguiente existirá un mayor porcentaje de personas afectadas.

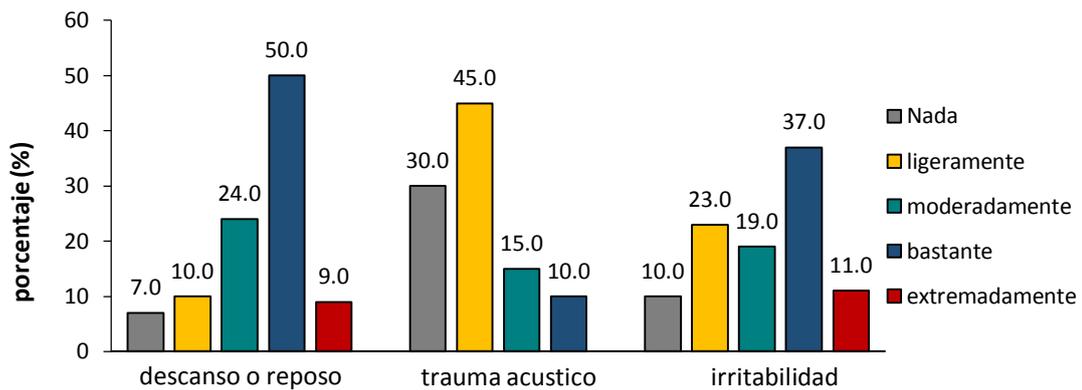


Figura 38: Percepción del efecto de ruido al descanso o reposo, trauma acústico, irritabilidad

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

A la pregunta si a consecuencia del ruido han sentido dolor de cabeza, el 20.0% de los encuestados manifiestan que no ha sentido nada, el 24.0% de los encuestados manifiesta que ha sentido ligeramente un dolor de cabeza, así mismos el 16.0% moderadamente, y el 40.0% de los encuestados manifiesta que ha sentido bastante dolor de cabeza.

Con respecto a la pregunta si a consecuencia del ruido ha disminuido su concentración, el 10.0% de los encuestados manifiestan que no ha sentido ninguna disminución de la concentración, el 12.0% de los encuestados manifiesta que ligeramente a disminuido su concentración, el 39.0% moderadamente, el 29.0% manifiesta bastante y el 10.0% de los encuestados manifiesta que ha disminuido su concentración de manera extrema.

Finalmente a la pregunta si se ha sentido estresado, el 7.0% de los encuestados manifiestan que no se han sentido estresados, el 17.0% de los encuestados manifiesta que se han sentido ligeramente estresados, el 22.0% manifiesta que se han sentido moderadamente estresados, el 46.0% manifiesta se han sentido bastante estresados y el 8.0% de los encuestados manifiesta que se han sentido extremadamente estresados.

Licia (2017), concluye que en el distrito de Lurín el 17.2% de los comerciantes manifestó que con frecuencia le ocasiona dolor de cabeza y un 10.3% que siempre les ocasionó dolor de cabeza, así mismo el 15.5% manifestó que les genera pérdida de concentración y un 8.0% manifestó que siempre les ocasionó pérdida de concentración, de igual manera el 38.4% de los comerciantes manifestaron que el ruido les genera estrés y/o ansiedad y un 32.3% que nunca se han visto afectados. Al comparar se puede observar que a causa del ruido del tráfico vehicular existe un menor porcentaje que manifiestan dolor de cabeza que los que se realizó en la presente investigación, en el caso de disminución de la concentración los resultados son similares, en el caso del estrés los resultados de la presente investigación son superiores; todo esto se debe a que el ruido generado por las maquinarias es superior al ruido generado por el tráfico vehicular ocasionando mayores efectos a la población expuesta debido a su alto impacto.

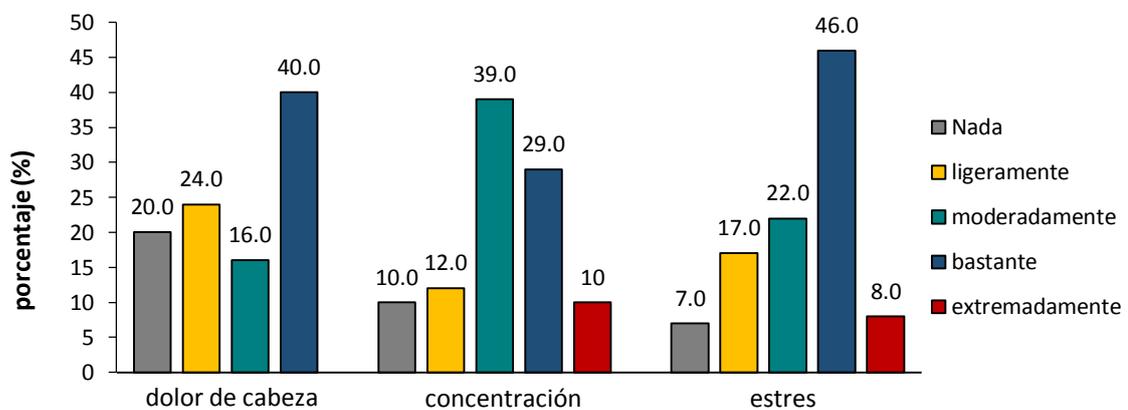


Figura 39: Efectos fisiológicos generados por el ruido
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.5 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- La contaminación sonora generada por las maquinarias superan los estándares de calidad ambiental (ECA).

Con el programa estadístico MINITAB se realizó la prueba estadística t de student de una muestra, donde:

Hipótesis nula H0: el promedio de ruido emitido por las maquinarias es ≤ 70 dBA

Hipótesis alternativa H1: el promedio de ruido emitido por las maquinarias es > 70 dBA

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, y una confiabilidad de 95%.

En el cuadro siguiente se puede observar los decibeles (dBA) emitidos por la maquinaria obtenidos por medio de la extrapolación a una distancia promedio de 10 m en los mapas de ruido elaborados. Esta distancia ha sido medido desde el eje del carril hasta la vivienda del morador de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno.

Tabla 16: Datos para la prueba de hipótesis

N°	DESCRIPCIÓN	Decibel (dBA)
1	Autohormigonera Carmix 3.5TT	69.73
2	Minicargador CAT 242B2	69.11
3	Motoniveladora Komatsu GD511A	74.10
4	Rodillo Vibratorio Dynapac CA250	74.70
5	Retroexcavadora CAT 420E	64.89
6	Cargador Frontal CAT 938G	75.27
7	Volquete Volvo NL12	68.06
8	Rotomartillo Bosch GSH 27VC	82.49
9	Cortadora de concreto Masalta MF16-4	91.03
10	Mezcladora de concreto 11p3 Dynamic Gx390HQX	75.05
11	Apisonadora Masalta EMR70H	77.57
12	Vibradora de concreto Pitbull CNVR	74.29

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
12	74.69	6.96	2.01	71.08

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 70$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu > 70$
Valor T	2.33
Valor p	0.020

Figura 40: Resultados de la prueba t de student de una muestra de datos
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

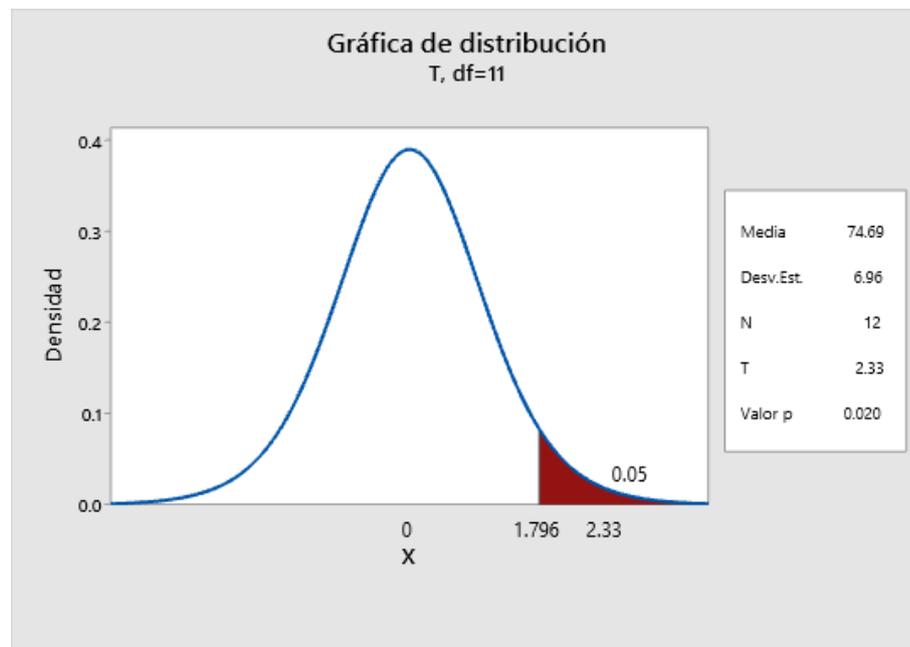


Figura 41: Grafica de distribución T
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se observa en el cuadro estadístico la media de la muestra es 74.69 dBA y además en valor de ($p < \alpha$), por lo que se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula de que el promedio de ruido emitido por las maquinarias es ≤ 70 dBA.



V. CONCLUSIONES

- Del monitoreo realizado se calculó el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para cada una de las maquinarias utilizadas durante el proceso de ejecución de la obra obteniendo que la autohormigonera genera 81.96 dBA, el minicargador 81.84 dBA, la motoniveladora 86.50 dBA, el rodillo vibratorio 87.81 dBA, la retroexcavadora 77.68 dBA, el cargador frontal 86.67 dBA, el volquete Volvo 81.95dBA, el rotomartillo 92.04dBA, la cortadora de concreto 95.71 dBA, la mezcladora de concreto 86.19 dBA, la apisonadora 88.06 dBA, y la vibradora de concreto 86.40 dBA.
- De las maquinarias evaluadas las que se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental para ruido en zona comercial son la autohormigonera, el minicargador, la retroexcavadora y el volquete, mientras que la motoniveladora, el rodillo vibratorio, el cargador frontal, el rotomartillo, la cortadora de concreto, la apisonadora, la mezcladora y la vibradora de concreto sobrepasan los estándares de calidad ambiental para una zona comercial; siendo la maquinaria que generó mayores niveles de ruido la cortadora de concreto.
- El personal obrero está expuesto al ruido generado por la maquinaria utilizada durante el proceso constructivo de la obra, por lo que luego de realizar una evaluación durante los trabajos como base granular de espesor $E=0.20m$ para la ciclovía se tiene como resultado de 143.00% de dosis de exposición al ruido, en los trabajos de sardineles - encofrado y desencofrado $H_{prom} 0.40 m$ se tiene como resultado de 134.40% de dosis de exposición al ruido, de la misma manera en los trabajos de concreto en veredas $F'c 210 kg/cm^2 e=0.20m$ incluye acabado y bruñado se tiene como resultado de 28.29 % de dosis de exposición al ruido; por lo tanto si la dosis de exposición al ruido supera el 100 % es necesario implementar protectores



auditivos en cumplimiento con la norma G.050 del reglamento nacional de edificaciones.

- De la encuesta realizada a la población moradora y residente de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno, el 64.0% manifestó que el ruido generado por las maquinarias les causa bastante molestia, el 55.0% manifestó que no están nada satisfechos con el ambiente acústico durante la ejecución de la obra y en cuanto a la disminución de la concentración el 39.0% de los encuestados manifestó que han sido afectados moderadamente; de igual manera el 46% de los encuestados manifestó que se han sentido bastante estresados a consecuencia del ruido.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar los niveles de presión sonora al que se encuentran expuestos los trabajadores de construcción civil de los diferentes campos ya que en el presente trabajo solo se verificó a los trabajadores en la construcción de infraestructura vial.
- Se recomienda que quienes tenga a cargo la ejecución de obras públicas utilicen maquinarias que generen el menor ruido posible a fin de proteger la calidad de vida y la salud de las personas cumpliendo de esta manera con los estándares de calidad ambiental.
- Se recomienda el uso de protectores auditivos cuando se supera la dosis de exposición al ruido protegiendo de esta manera la salud del personal obrero.
- Se recomienda tomar medidas organizacionales como rotación de puestos de trabajo y cambios de puestos de trabajo con el fin de disminuir el tiempo de exposición al ruido, de esta manera se contribuye a disminuir el tiempo de exposición al alto ruido y de la misma forma se disminuirá la dosis que es directamente proporcional al tiempo de exposición.
- Se recomienda realizar exámenes de audiometría cada tres años para monitorear la salud auditiva de los trabajadores y prevenir problemas graves en el futuro.



VII. REFERENCIAS

- Aleaga del Salto, J. C., & Espín Guerrero, V. R. (2017). El ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído de los operadores del área de producción de productos plásticos de la Empresa HOLVIPLAS S.A. (tesis de postgrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Adrián Rabinovich, G. (2004). Inmunopatología molecular: nuevas fronteras de la medicina. Buenos Aires, Argentina. Editorial Médica Panamericana. 149 p.
- Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., Armas, J., & Rivero, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 1-10. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v39n3/rme240317.pdf>
- Arau Puchades, H. (1999). ABC de la Acústica Arquitectónica. Lima, Perú: Editorial Ceac S.A. 184 p.
- Ávila, J. A., Ruiz, N., & Timaran, M. M. (2015). Efectos en la salud de los trabajadores expuestos al ruido producido por la maquinaria de construcción vial (tesis de postgrado). Universidad CES de Medellín, Medellín, Colombia.
- Barti, R. (2010). Acústica medioambiental. San Vicente, ES: Editorial club universitario. 12 p.
- Beléndez, A. (1992). Acústica, fluidos y termodinámica. Politécnica de Alicante, Estados Unidos: Universidad de Alicante. 149 p.
- Bernal García, M. (2011). Normas de protección del medio ambiente. Lima, Perú: Jurista Editores. 198 p.
- Burbano, S., Burbano, E., & García, C. (2003). Física General. Madrid, España: Editorial Tébar S.L. 134 p.
- Borderías M., & Martín E. (2011). Medio Ambiente Urbano. Madrid, España: Editorial UNEUD. 185 p.



- Cabrerizo, M., Antón, J. L., & Barrio, J. (2008). Física y Química. Toledo, España: Editorial Editex S.A. 242 p.
- Calcina, A. N., & Cruz, G. E (2018). Prevención de riesgos debido al ruido en la Construcción de bermas y veredas por la Empresa J. Cayo en Socabaya-Arequipa 2018 (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú.
- Carrion Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Catalunya, España: Ediciones UPC. 124 p.
- Chinchilla Sibaja, R. (2008). Salud y seguridad en el trabajo. Madrid, España: Editorial UNEUD. 321p. 224 p.
- Constitución Política del Perú 1993. Edición Congreso de la República. 2017. Disponible en: <http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>
- Congreso de la República. 2004. Ley N° 28245. Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/ley-SNGA-28245.pdf>
- Chávez Miranda, J. R. (2006). Ruido: Efectos sobre la salud y su evaluación al interior de recintos. Chile: Editorial Ciencia y trabajo. 69 p.
- Cromer, A. (2006). Física en la Ciencia y en la Industria. Barcelona, España: Editorial Reverte S.A. 383 p.
- Espeso, J., Fernández, F., Paramio, A., Fernández, B., & Espeso, M. (2005). Coordinadores de seguridad y salud en el sector de la construcción. Madrid, España: Lex Nova S.A.
- Galán, S., y Camacho, E. J. (2012). Estrés y salud: Investigación básica y aplicada. México: Editorial El Manual Moderno. 414 p.



- Gómez, E., & Cuenca, I. (2011). Manual técnico del sonido. Barcelona, España: Editorial Paraninfo S.A. 137 p.
- Gormaz Gonzales, I. (2007). Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios. Madrid, España: Editorial Paraninfo S.A. 246 p.
- Gorsuch, R. L. (1983). Factor analysis (2nd. ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jaramillo, A. M. (2006). Acústica: la Ciencia del Sonido. Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano. 156 p.
- Jiménez Cisneros, B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México. Balderas, México: Noriega S.A. 303 p.
- Hincapié Ardila, S. M. (2018). Evaluación del ruido ambiental generado por las actividades existentes en el desarrollo del proyecto doble calzada fundadores/ciudad porfía etapa 1 (K2+450 sector rochela -K5+097 sector Porfía) (tesis de pregrado). Universidad Santo Tomas, Villavicencio, Colombia.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2007. NTP-ISO 1996-1.Acústica.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2008. NTP-ISO 1996-2.Acústica.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2010. NTP-ISO 9612 2010 Determinación de la exposición al ruido laboral.
- International Organization for Standardization. (2003). ISO/TS 15666 Acoustic – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.
- Kane, J., & Sternheim M. (2007). Física. Barcelona, España: Editorial Reverte S.A.
- Labahn, o., & Kohlhaas, B, (1985). Prontuario del cemento. Barcelona, España: Editores Tenidos Asociados S.A. 274 p.



- Liclia Tomayo, L. R. (2016). Evaluación y percepción social del ruido ambiental generado por el tránsito vehicular en la zona comercial del distrito de Lurín (tesis de pregrado). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Lombardero, J. L. (2008). Manual para la formación en medio ambiente. Madrid, España: Lex Nova S.A. 158 p.
- Martínez, J., & Peters, J. (2015). Contaminación Acústica y Ruido. Madrid, España: Ecologistas en Acción 3° edición. 4 p.
- Mateo Floria, P. (2009). Gestión de la higiene industrial en la empresa. Madrid, España: ANTEGRAF S.A. 330 p.
- Mellado Vargas, Z. (2017). Incidencia de una barrera acústica prefabricada para mitigar la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, región puno (tesis de postgrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- MINSA (Ministerio de Salud). 1995. Módulo de capacitación en contaminación sonora.
- MINAM (Ministerio del ambiente). 2005. Ley N° 28611. Ley general del ambiente.
- Mieles Macías, Y. M. (2015). Evaluación de la propagación de los niveles de presión sonora producidos por un rodillo liso vibratorio durante su operación (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Mosquera Vega, G. J. (2003). Base de datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción para estudios de impacto ambiental (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2006. NTP 270 Evaluación de la exposición al ruido.
- Nurosis, M.J. (1993). Spss: Statistical Data Analysis. Spss Inc.



- Olivera, L., Pinedo, J., Romero, R., Pizarro, J., Ancajima, F., & Valderrama, A. (2015). Estudio de los niveles de ruido en la ciudad universitaria de San Marcos – Lima. Lima, Perú: Centro de Desarrollo e Investigaciones en Termofluidos. 31 p.
- Labahn, Ot., & Kohlhaas, B. (1985). Prontuario del Cemento. Madrid, España: Editorial Reverte. 445p.
- Organización Mundial de la salud. (2015). Recuperado de <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/#targetText=La%20OMS%20recomienda%20que%20el,de%208%20horas%20al%20d%C3%ADa>.
- Parrondo, L. J., Velarde, S., Ballesteros, R., Gonzales, J., & Santolario, C. (2006). Acústica ambiental. Oviedo, España: Ediciones de la universidad de Oviedo. 385 p.
- Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Puno. (2012-2022). Disponible en: http://www.munipuno.gob.pe/Propuestas_GDU/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20PUNO%20-%202012-2022.pdf
- PCM (Presidencia de consejo de Ministros). 2003. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- PCM (Presidencia de consejo de Ministros). 2018. Decreto Supremo N° 344-2018-EF. Reglamento de la ley de contrataciones del Estado.
- Quispe Quezada, L. P. (2018). Evaluación de los niveles de ruido y su impacto ambiental en la construcción de la Urbanización Perlas del Altiplano de la Ciudad de Juliaca (tesis de postgrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Peru.



- Quintín, M., Cabrero, T., & Del Rosario, T. (2007). Tratamiento estadístico de datos con SPSS: Prácticas resueltas y comentadas. Madrid, ES .Paraninfo. 616 p.
- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2018. Norma G.050 seguridad durante la construcción.
- Comunidad de Madrid. Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra. 2012. Disponible en: www.madrid.org/bvirtual/BVCM010757.pdf
- Galindo Ruiz, J. E. & Silva Núñez, H. D. (2016). Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Suasaca Pelinco, L. (2014). Relación entre el ruido ambiental y la percepción de molestia de los habitantes de la ciudad de Juliaca durante el periodo 2013 (tesis doctoral). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú.
- Suarez, C., Gil-Carcedo, L. M., Marco, J., Medina, J. E., Ortega, P., & Trinidad, J. (2007). Tratamiento de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Vargas Ortiz, I. H. (2014). Evaluación del impacto acústico generado por el tráfico vehicular en las vías circundantes al cuartel General del Ejército del Perú (tesis de pregrado). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú.

ANEXO 3. RESULTADOS DEL MONITOREO DE RUIDO DE MAQUINARIA PESADA Y ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO

Tabla 17: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Autohormigonera Carmix

TIPO DE MAQUINARIA		Autohormigonera CARMIX			MODELO		3.5 TT		POTENCIA		111HP								
LUGAR		Av. Simon Bolivar			Vaciado de Concreto		Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora		2 metros		L _{p,A,eqT}								
FECHA	PROGRESIVA	COORDENADAS			TRABAJO REALIZADO		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN												
		E	N	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	83.1	81.6	82.3	79.4	79.5	81.5	82.4	82.2	81.6	79.6	83.3		
20/01/2020	0+240	390565	8249129	3822	13:00	14:00	82.4	83.1	81.6	82.3	79.4	79.5	81.5	82.4	82.2	81.6	79.6	83.3	
					14:00	15:45	83.5	83.3	82.5	81.5	83.5	82.6	81.8	80.8	82.4				
21/01/2020	0+380	390617	8248991	3822	10:30	11:20	82.5	81.7	80.6	82.8	81.4	82.4	81.1	81.9	80.8	82.4			
					13:10	13:55	83.2	81.8	80.8	82.4	80.7	82.6	81.9	80.9	82				
					15:00	16:00	83	82.3	82.7	81.6	80.9	81.6	82.2	81.5	83.1	82.3	81.7	82.4	
22/01/2020	0+400	390632	8248972	3822	09:00	09:35	82.6	81.6	81.8	80.9	81.8	82.4	83.1						
					10:15	11:00	82.8	81.6	82.4	81.7	82	82.3	81.6	80.7	82.6				
					13:20	14:00	82.6	81.4	83.2	80.6	82.5	81.9	81.3	81.7					
24/01/2020	0+620	390681	8248761	3823	08:00	09:00	81.7	82.2	81.8	80.9	82.1	83	82.5	81.4	81.2	80.6	82.3	81.5	
					10:00	11:00	83.2	81.4	80.8	82.3	81.8	82.2	80.7	81.6	80.8	81.2	82.5	81.2	

FECHA	COORDENADAS	PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN												L _{p,A,eqT}					
			HORA INICIO	HORA FINAL	81.7	81.4	81.3													
28/01/2020	8248699	3923	08:15	08:30	1															81.48
	8248703	3923	08:30	08:45	2	82.3	82.2	82												82.17
	8248701	3923	08:45	09:00	3	71.4	71.9	72												71.78
	8248695	3923	09:30	09:45	4	70.2	70.5	71.6												70.81
	8248690	3923	09:45	10:15	5	66.4	66	66.1												66.18
	8248698	3923	10:15	10:30	6	65.5	65.8	65.9												65.74
PROGRESIVA	8248707	3923	10:30	10:45	7	65.2	64.8	64.8												64.94
	8248708	3923	11:30	11:45	8	66.2	66.5	66.3												66.34
	8248714	3923	11:45	12:00	9	66.1	66	66.2												66.11
	8248687	3923	13:00	13:15	10	70.1	68.7	69.5												69.48
	8248685	3923	13:15	13:30	11	68.7	68.2	67.8												68.25
	8248683	3923	13:30	13:45	12	66.3	66.5	66												66.28

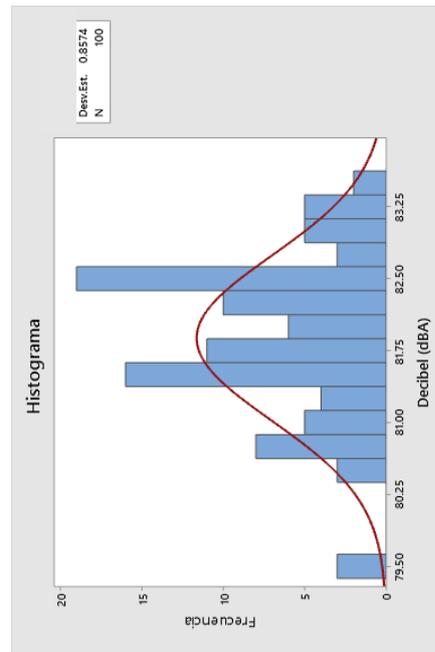
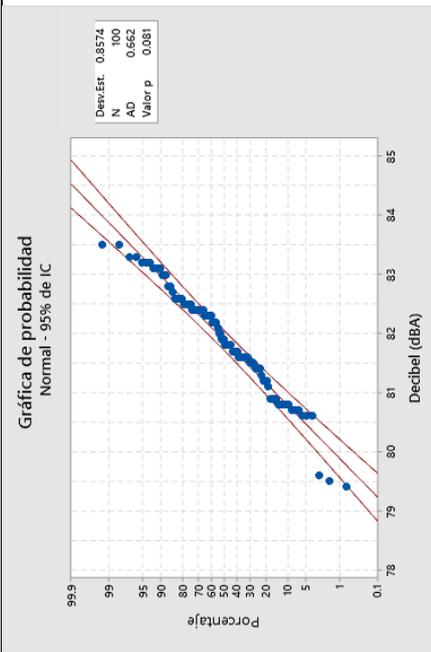
CROQUIS:

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 L_{p,A,eqT,n}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Autohormigonera Carmix 3.5TT



Mapa de Ruido

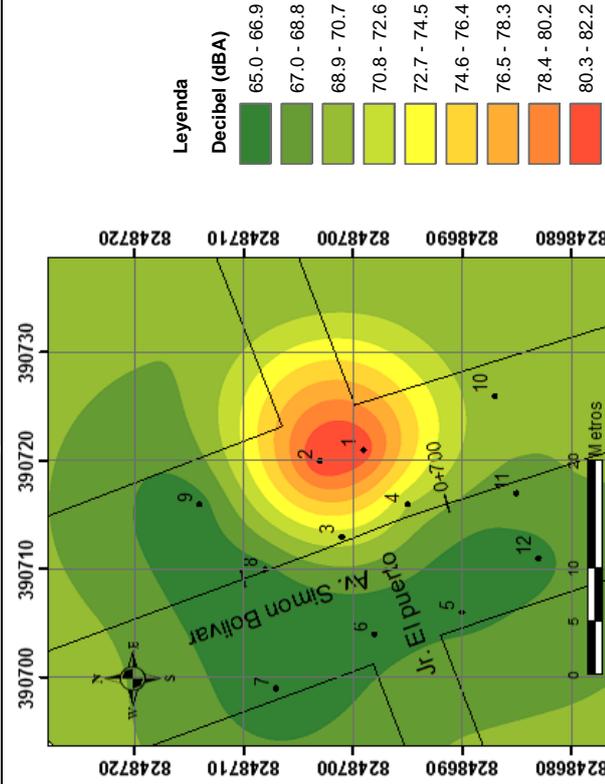
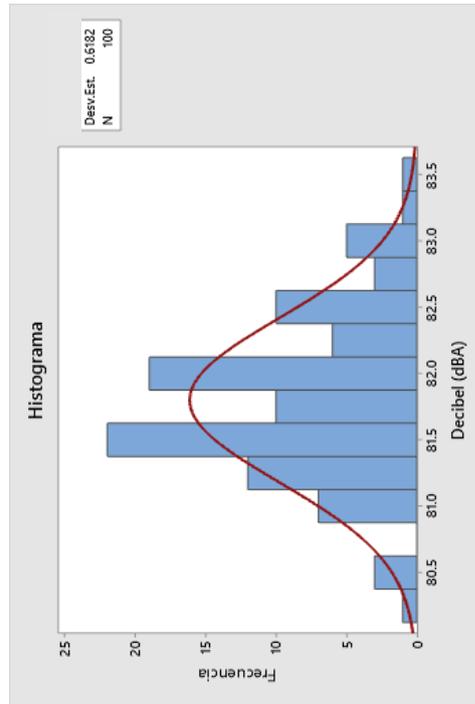
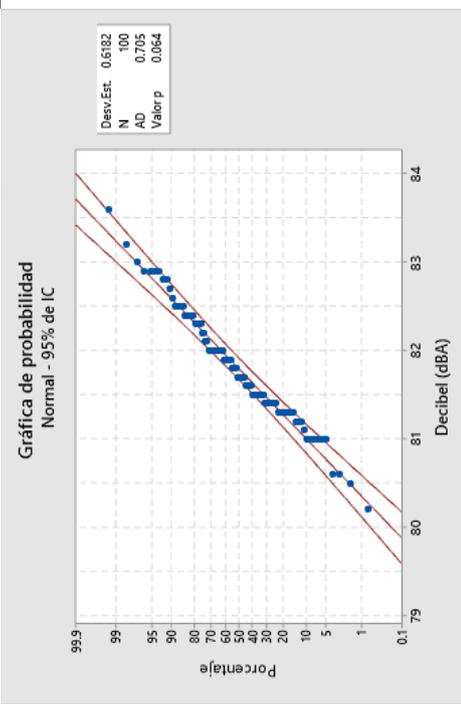


Figura 42: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Autohormigonera Carmix Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Minicargador CAT 242B2



Mapa de Ruido

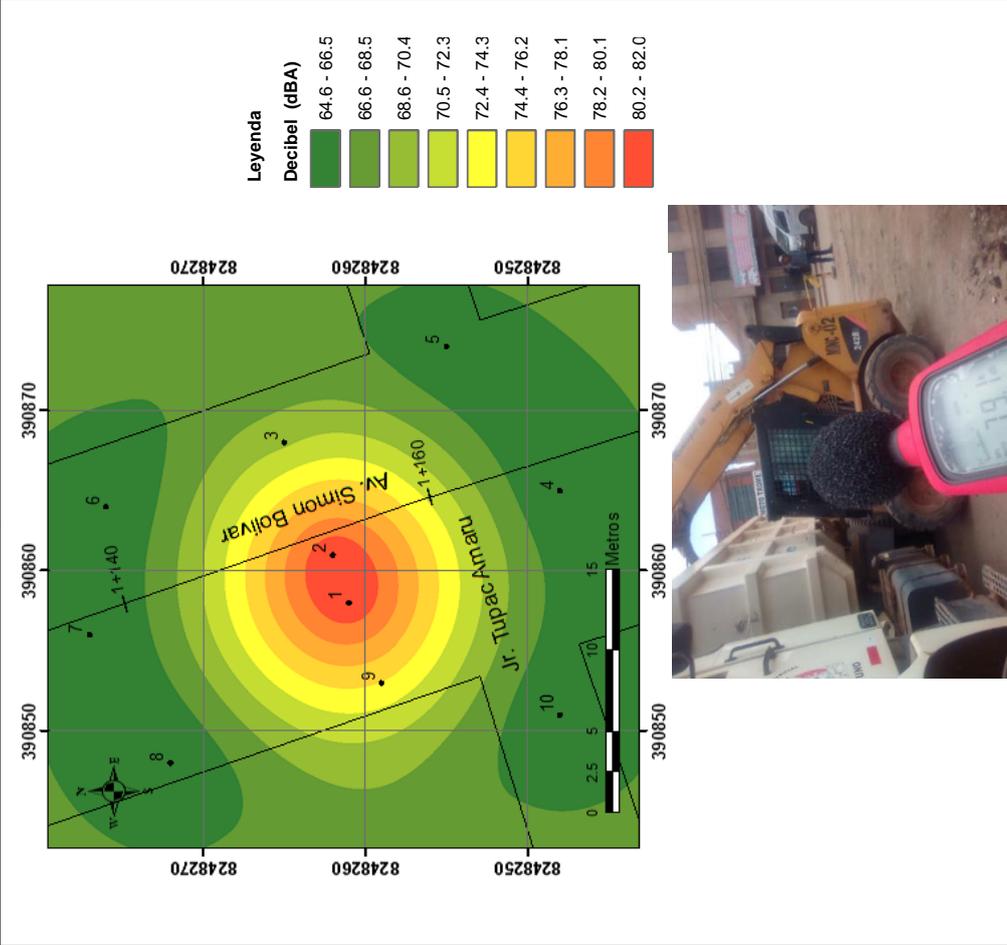


Figura 43: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Minicargador CAT

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 19: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Motoniveladora

TIPO DE MAQUINARIA		Motoniveladora Komatsu				MODELO	Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora	POTENCIA	135HP									
LUGAR	PROGRESIVA	COORDENADAS		TRABAJO REALIZADO						Conformacion de Base Granular	2 metros							
FECHA		E	N	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN		L.p.A.eqT									
27/01/2020	0+180	390568	8249169	3823	08:30	09:25	86.6	85.8	87.1	86.4	86.8	86	86.5	86.3	87.3	87		
	0+220	390569	8249146	3823	10:00	10:50	86.5	86.7	86	86.6	86.4	86.4	86.2	85.9	86.9			
	0+260	390580	8249110	3823	11:00	11:40	86.8	87.3	85.9	86.2	87	86.4	86	86.3	86			
29/01/2020	0+040	390519	8249321	3824	13:20	14:05	86.9	87.4	86.8	85.4	87.7	86.8	86.2	85.3	86			
	0+100	390533	8249262	3823	08:30	08:35	86.7	86.6	85.8	85.8	86.5	86.3	86.9					
	0+140	390544	8249224	3822	09:00	09:50	86.9	87.2	86.3	86	86.8	86.4	86.9	87.3	85.6			
30/01/2020	0+180	390562	8249188	3822	10:00	10:40	86.7	87.4	87	85.8	86.2	86.9	86.4	86.3	86.9			
	0+320	390598	8249052	3822	08:30	09:20	86.9	86.5	87.5	85.8	86.6	86.4	86	86.9	86.6	86.9	86.5	86.9
	0+440	390642	8248941	3822	10:00	10:40	87.2	85.3	86.2	86.7	86.2	86.1	86.9	86.4	86.4			
0+500		390658	8248883	3822	11:00	11:50	86.9	87	86.2	85.9	86.2	85	85.8	86.5	86.3	86.1		
	0+540	390663	8248841	3822	13:20	13:55	87	86.3	86.9	87.4	86.8	86.2	86.9					

FECHA	COORDENADAS			HORA INICIO	HORA FINAL	PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN										L.p.A.eqT		
	E	N	Z				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
31/01/2020	390790	8248442	3823	08:15	08:30	1	86.6	86.4	86.6										86.54
	390794	8248443	3823	08:30	08:45	2	86.5	86.7	86.5										86.57
	390795	8248433	3823	09:00	09:15	3	72.8	72.6	72.6										72.67
	390799	8248421	3823	09:15	09:30	4	66.5	66.7	66.3										66.51
	390810	8248427	3823	09:30	09:45	5	66.1	66.6	66.4										66.38
PROGRESIVA	390807	8248435	3823	10:00	10:15	6	68.7	68.3	68.7										68.58
	390806	8248445	3823	10:15	10:30	7	69.7	70.1	68.7										69.54
	390801	8248456	3823	10:30	10:45	8	68.8	68.5	68.7										68.67
	390787	8248453	3823	11:00	11:15	9	71.8	71.7	72										71.84
	390784	8248463	3823	11:15	11:30	10	67.1	66.5	66.3										66.65
0+960	390797	8248464	3823	11:30	11:45	11	66.5	66.8	66.6										66.64

CROQUIS:

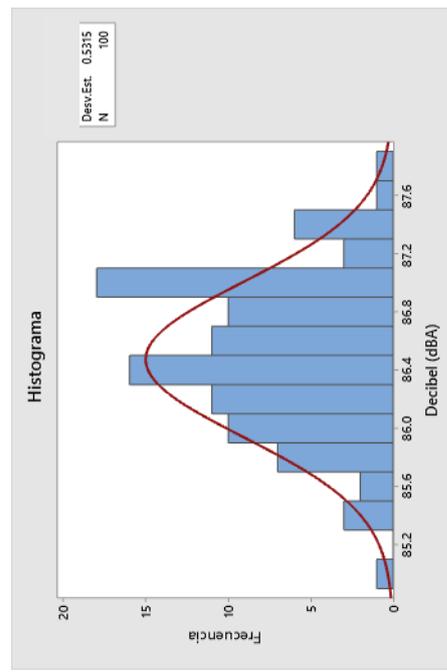
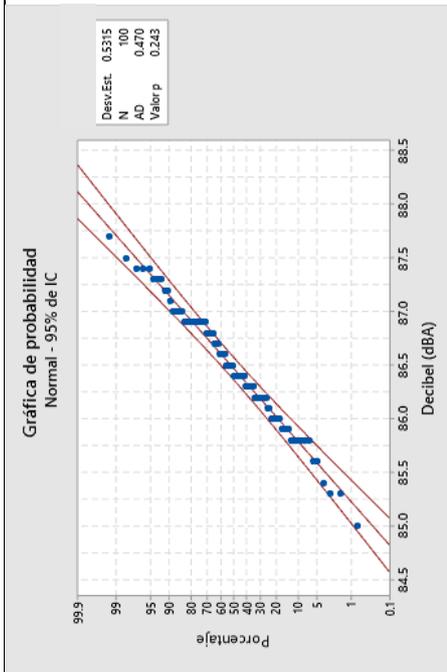
AV. SIMON BOLIVAR

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,i}} \right) / dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 Lp,A,eqT,n: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Motoniveladora Komatsu GD511A



Mapa de Ruido

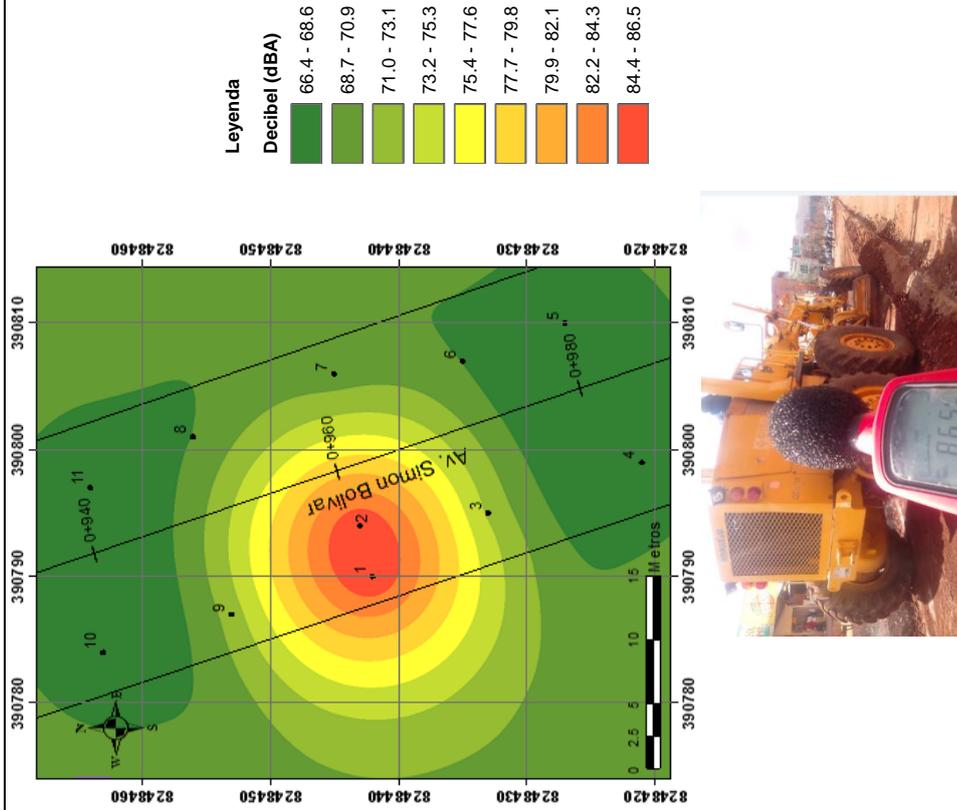


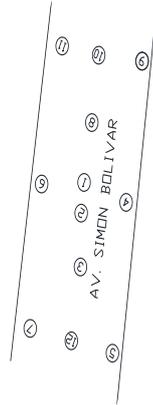
Figura 44: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Motoniveladora Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 20: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Rodillo vibratorio

TIPO DE MAQUINARIA		Rodillo vibratorio Dynapac										MODELO	CA250	POTENCIA	110HP				
LUGAR		Av. Simon Bolivar										Compactacion de Base Granular		Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora		2 metros			
FECHA	PROGRESIVA	COORDENADAS		TRABAJO REALIZADO		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN						L _{p,A,eqT}							
		E	N	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	86.3	87.1	86	86.6	87.3	86.7	87.7	88.5	87.6	86.5	87.8	88.1	
23/01/2020	0+050	390520	8249312	3823	08:30	09:30	86.3	87.1	86	86.6	87.3	86.7	87.7	88.5	87.6	86.5	87.8	88.1	
	0+080	390528	8249281	3822	09:40	10:30	88	88.2	88.6	88.8	88.3	89.1	88.7	88	88.7	88	88.7	87.7	
	0+130	390548	8249235	3822	11:00	12:00	87.5	86.3	88.1	86.6	87.6	88.3	87.9	88.3	87.2	88.3	86.9	87.4	
27/01/2020	0+050	390527	8249311	3823	15:00	15:30	88.1	87.5	88.9	89.2	86.2	87.6							
29/01/2020	0+140	390550	8249227	3822	11:00	12:00	88.5	86.2	87.2	87.8	88.9	86.2	89.4	87.5	88.4	86.7	88.3	86.3	
	0+180	390562	8249188	3822	13:20	14:10	88.2	87.1	86.8	88.3	86.3	87.8	87.2	86.2	86.2	86.1			
30/01/2020	0+520	390658	8248862	3822	14:00	14:35	88.5	89.2	87.2	88.4	89.1	86.8	87.3						
	0+580	390673	8248804	3822	14:40	15:30	88.2	87.5	86.5	87.9	88	87.3	89.2	87.2	88.2				87.81
31/01/2020	0+640	390692	8248747	3822	13:20	14:15	88.6	88.8	88	87.2	87.7	87.9	88.2	88.5	87.7	89	88.2		
	0+680	390711	8248711	3822	14:15	15:05	87	88.1	86.6	86.9	87.7	88.9	86.8	88.2	87.3	86.9			

FECHA	COORDENADAS		HORA		PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN												L _{p,A,eqT}	
	E	N	Z	HORA INICIO		HORA FINAL	88.1	87.8	87.9										
01/02/2020	390741	8248612	3823	09:00	09:15	1	88.1	87.8	87.9										87.94
	390740	8248617	3823	09:15	09:30	2	88	87.5	87.8										87.78
	390737	8248624	3823	09:30	09:45	3	74.2	73.9	73.7										73.94
	390733	8248612	3823	09:45	10:00	4	79.9	80.3	79.7										79.98
	390726	8248632	3823	10:00	10:15	5	67.2	66.7	67.4										67.11
	390749	8248617	3823	10:15	10:30	6	77.9	78.5	78.7										78.38
PROGRESIVA	390742	8248636	3823	10:30	10:45	7	67.8	68.4	67.6										67.95
	390744	8248605	3823	10:45	11:00	8	73.1	72.8	73.5										73.15
	390739	8248593	3823	11:00	11:15	9	66.9	67.9	67.7										67.53
	390747	8248596	3823	11:15	11:30	10	67.8	67.9	68										67.91
	390754	8248598	3823	11:30	11:45	11	67.1	67.8	67.6										67.51
	390734	8248634	3823	11:45	12:00	12	68.1	67.7	67.9										67.91

CROQUIS:



Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 L_{p,A,eqT,n}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Rodillo Vibratorio Dynapac CA250

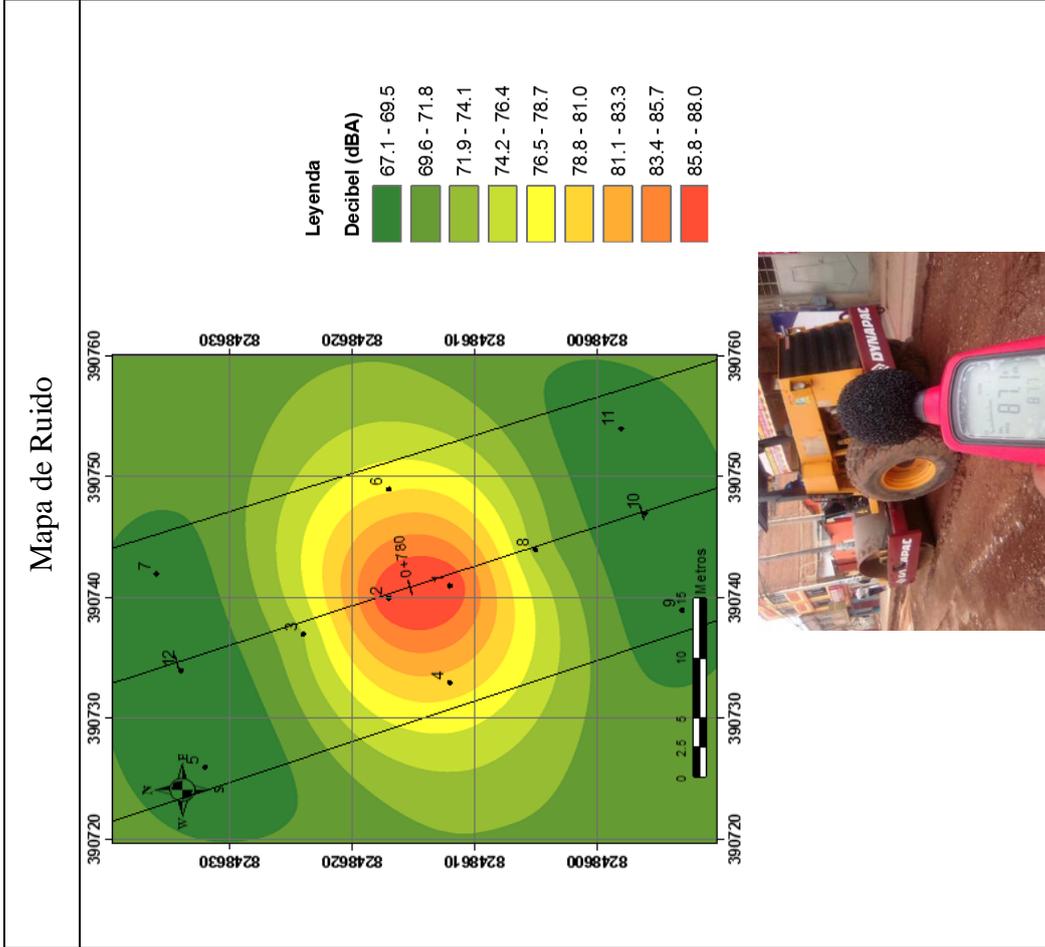
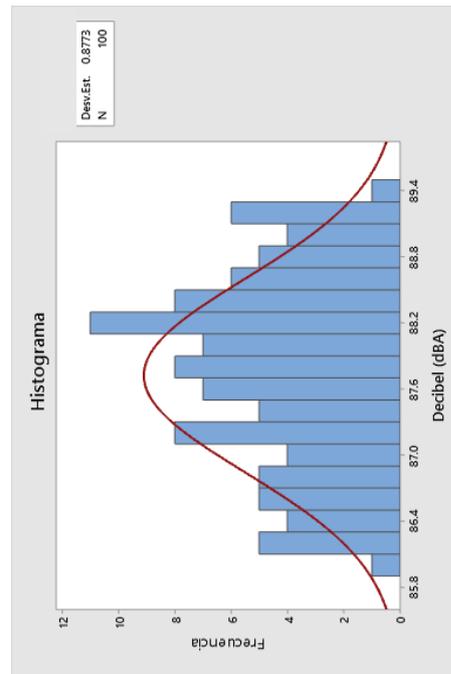
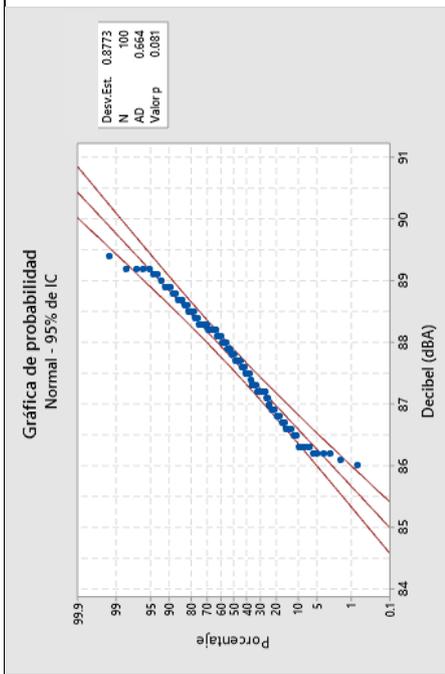


Figura 45: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Rodillo Vibratorio Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

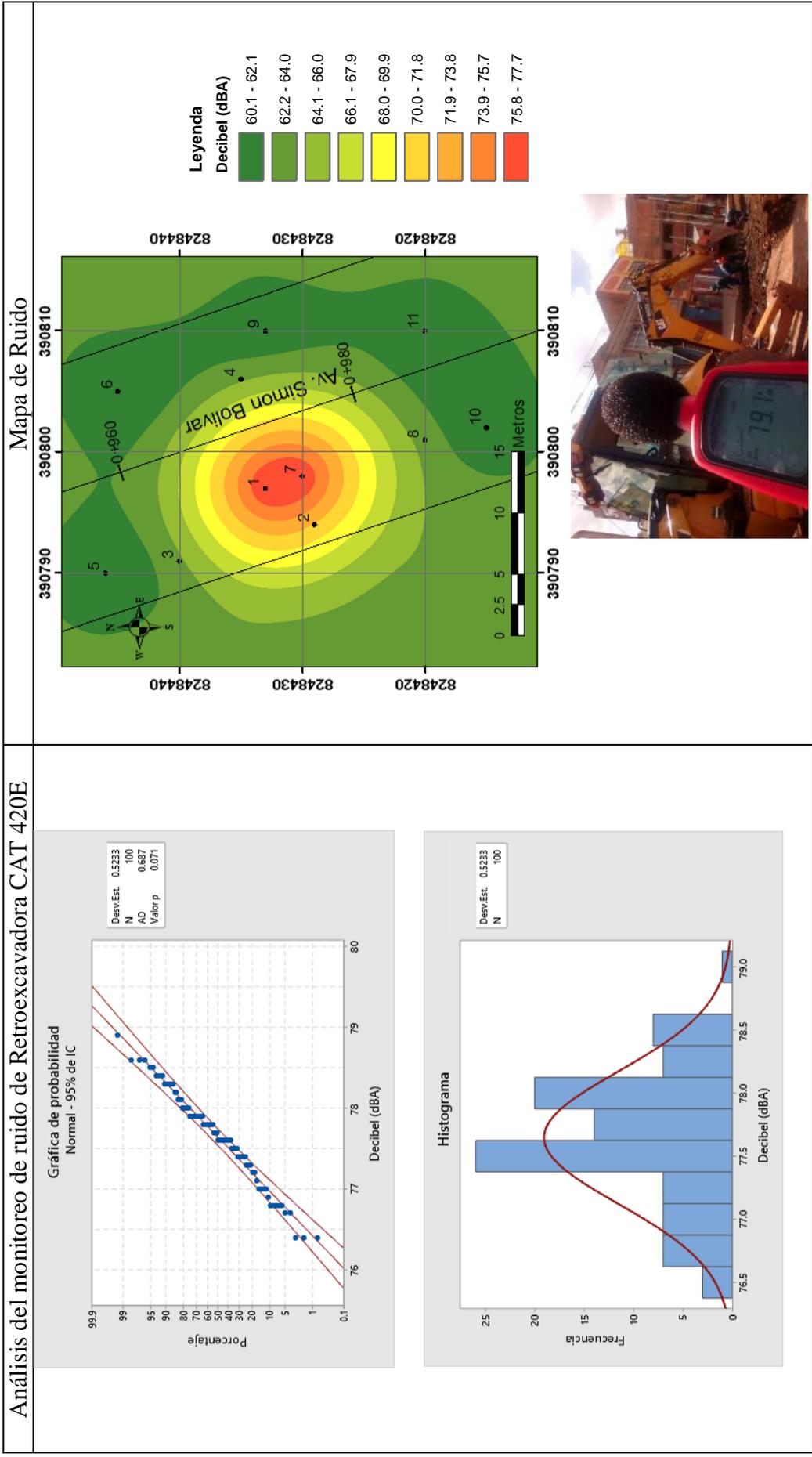
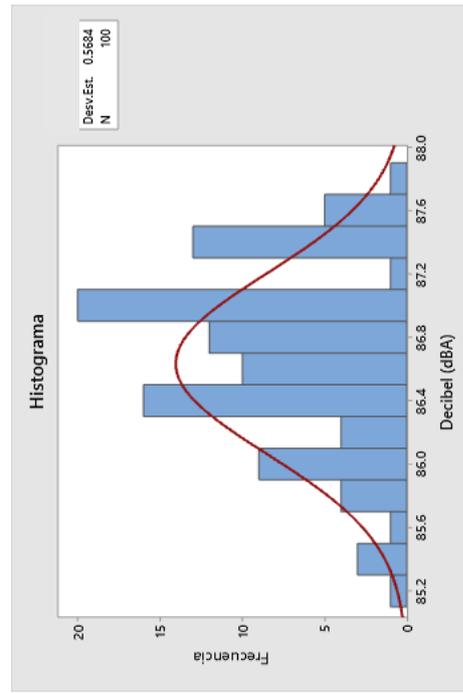
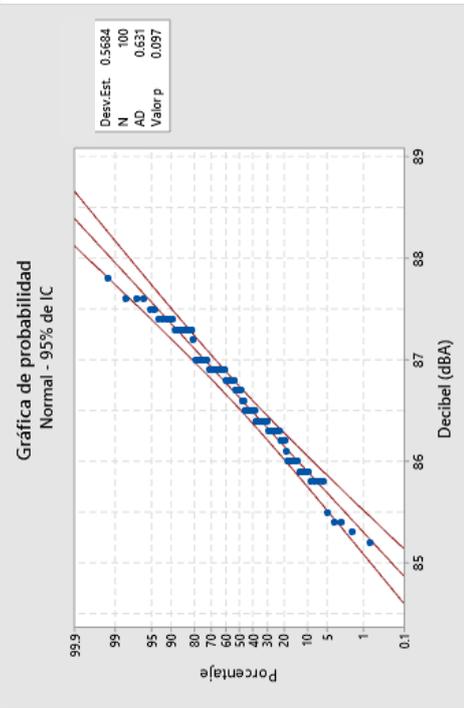


Figura 46: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Retroexcavadora Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Cargador Frontal CAT 938G



Mapa de Ruido

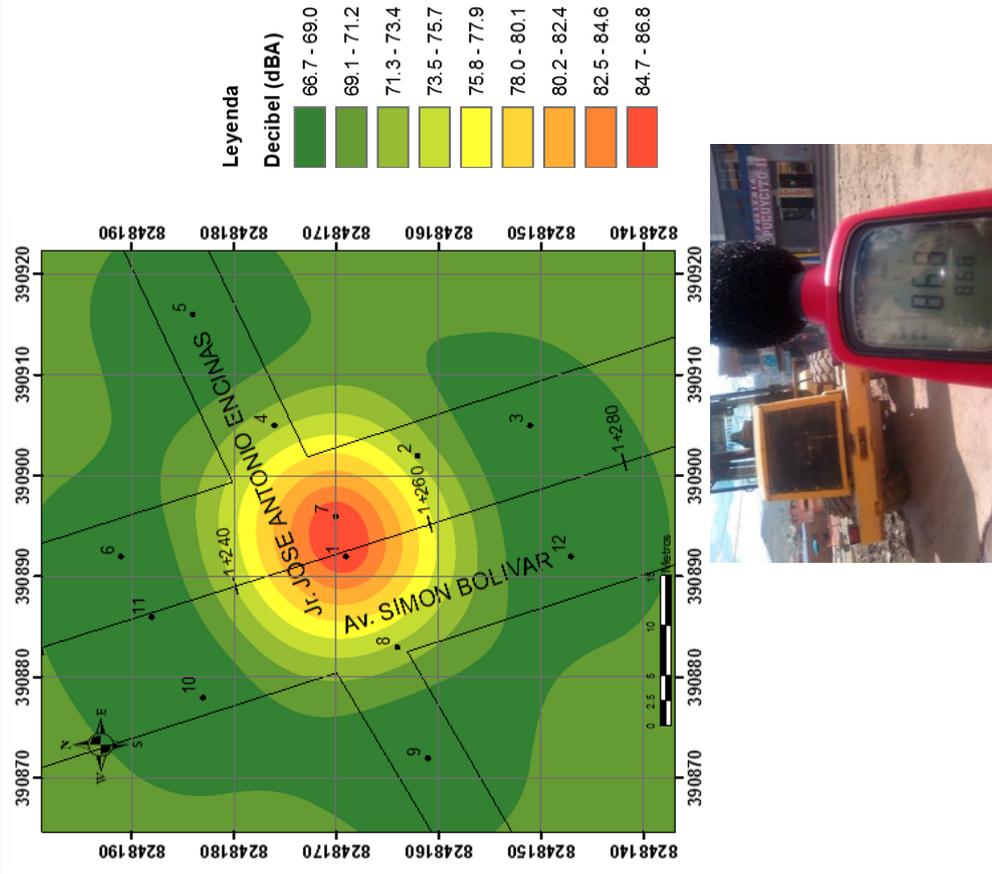
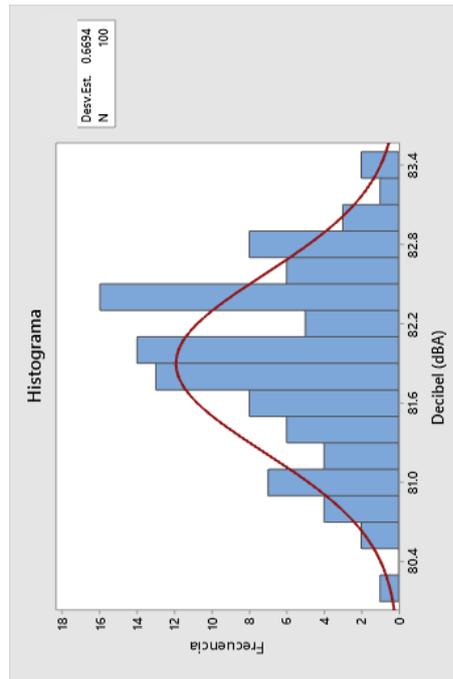
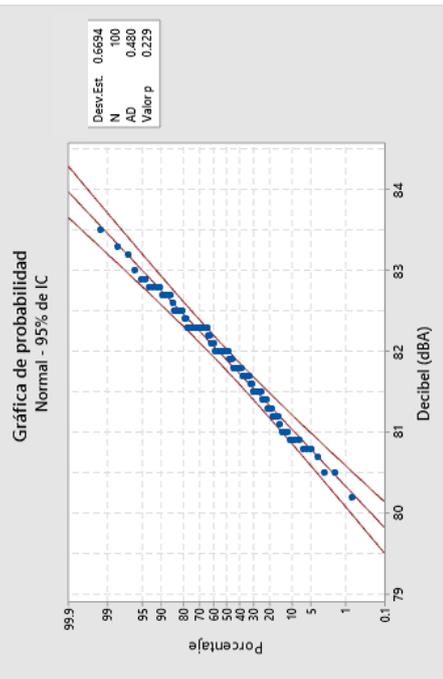


Figura 47: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Cargador Frontal
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Volquete Volvo NL12



Mapa de Ruido

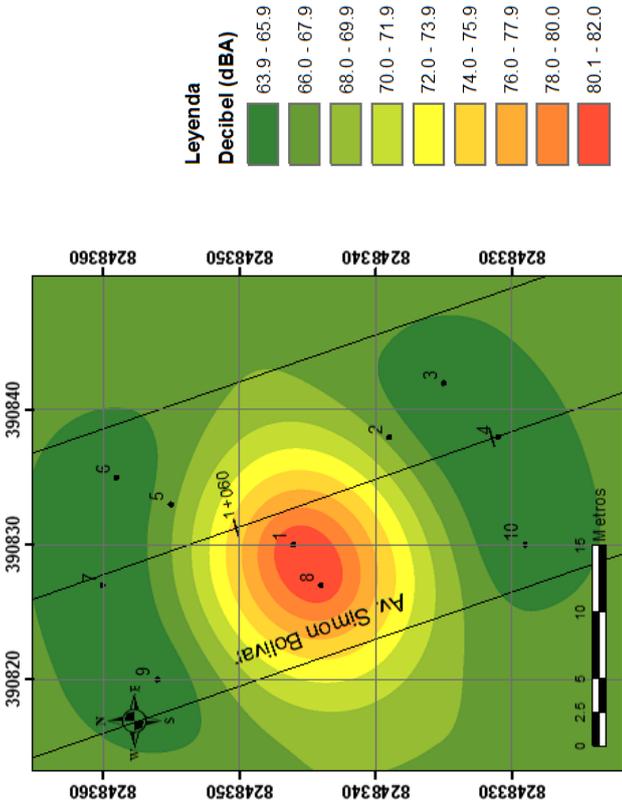


Figura 48: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Volquete
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

ANEXO 4. RESULTADOS DEL MONITOREO DE RUIDO DE EQUIPOS Y ELABORACIÓN DE MAPA DE RUIDO

Tabla 24: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Rotomartillo

TIPO DE MAQUINARIA		Rotomartillo bosch		MODELO		GSH 27VC		POTENCIA		2000W											
LUGAR		Av. Simon Bolivar		Rotura de concreto		Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora		2 metros													
FECHA	PROGRESIVA	COORDENADAS		TRABAJO REALIZADO		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN															
		E	N	HORA INICIO	HORA FINAL	92.4	92	92.6	89	92.8	93	90.3	92.7	91.3	91.5	91.9	92.4	Lp,A,eqT			
22/01/2020	0+530	390662	8248853	14:00	15:00	95.3	92.4	92	91.9	90.9	90.8	92	92.6	92.4	92.6	92.4	91.7	92.6	92.4		
23/01/2020	0+620	390674	8248760	13:10	14:15	94	89.9	93	93.4	92.5	91.4	92.1	90.2	93.3	94.3	93.1	90	91.3			
24/01/2020	0+380	390616	8248990	13:30	14:25	93.2	92.6	89.3	92.7	94.6	90	89.7	93.6	92.6	91.4	92.2	92.4	91.4	91.7	92.4	92.4
				14:55	16:00	90.2	92.8	92.1	92.6	94.3	91.7	90.5	90.6	90.9	91.8	92	92.9	90.2			92.04
25/01/2020	0+670	390708	8248699	08:10	09:10	90.7	94.6	92.2	91.7	89.9	89.7	91.8	92.4	91.6	92.2	91.3	90.8				
				10:40	11:15	91.6	92.5	90.7	90.9	90.8	92	91.5									

FECHA	COORDENADAS	HORA INICIO	HORA FINAL	PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN															Lp,A,eqT		
					Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	
20/02/2020	390568	8249132	08:00	08:15	3822	92.6	92.2	92.7														92.51
	390569	8249127	08:15	08:30	3822	93	92	91.9														92.33
	390572	8249136	08:30	08:45	3822	83.4	87.8	86.2														86.16
	390579	8249124	08:45	09:00	3822	78.9	81.6	78.2														79.83
	390586	8249127	09:00	09:15	3822	73.7	73.3	74														73.68
PROGRESIVA	390582	8249139	09:15	09:30	3822	75.4	73.4	75.3														74.80
	390560	8249154	09:30	09:45	3822	68.3	70.7	69														69.46
	390577	8249158	09:45	10:00	3822	64.7	66	65														65.27
	390578	8249099	10:00	10:15	3822	68.2	69.3	70														69.23
	390593	8249100	10:15	10:30	3822	64.6	65.7	65.8														65.40
0+240	390581	8249092	10:30	10:45	3822	65.4	64.7	65.3														65.15
	390592	8249137	10:45	11:00	3822	68.7	69.6	69.5														69.29
	390600	8249139	11:00	11:15	3822	64.9	65.4	65.3														65.21
	390556	8249166	11:15	11:30	3822	65.2	65.1	65														65.11
	390637	8249120	11:30	11:45	3822	64.9	65.5	65.4														65.28

CROQUIS:

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 Lp,A,eqT,n: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

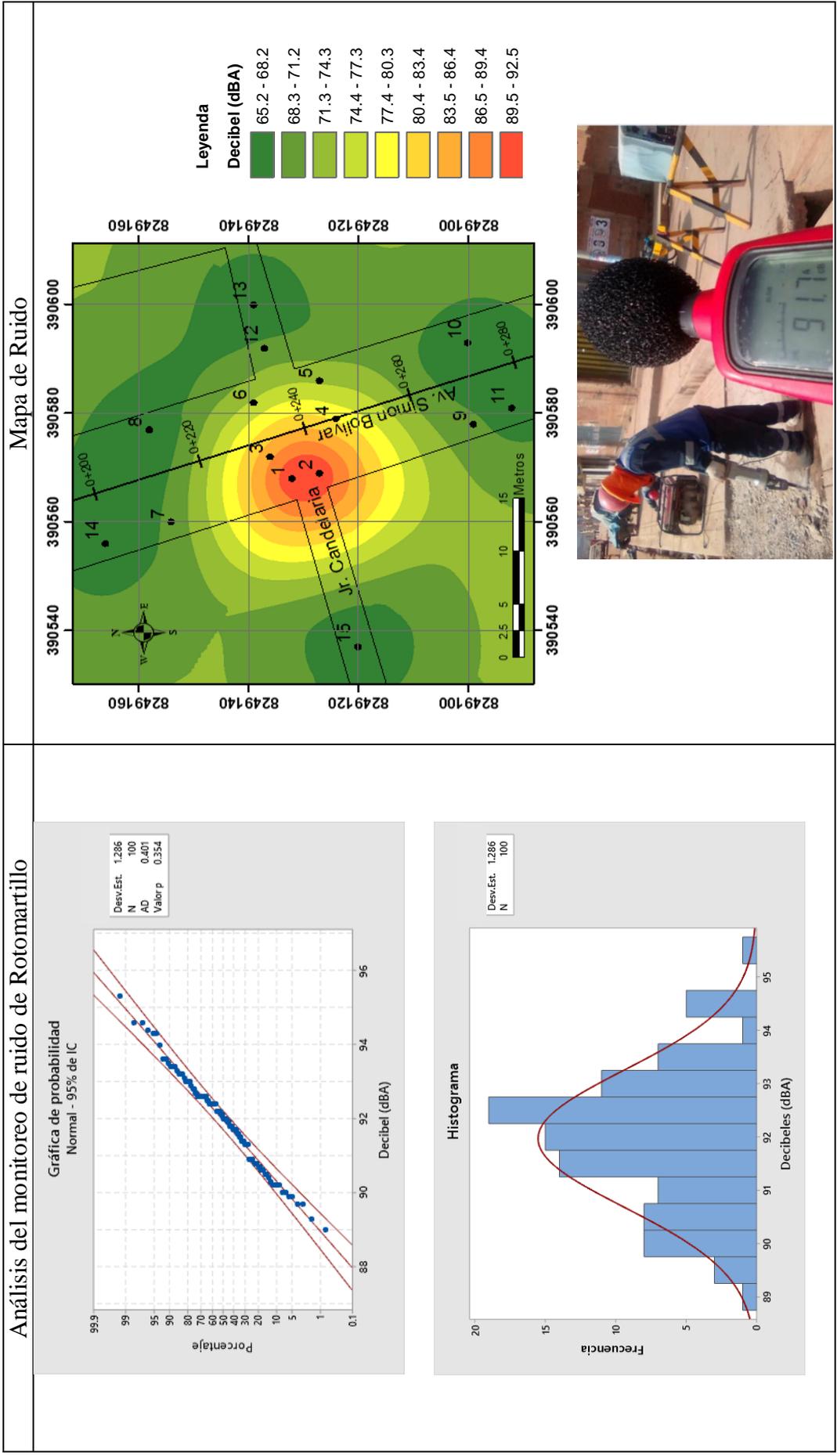


Figura 49: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Rotomartillo
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Cortadora de Concreto Masalta MF16-4

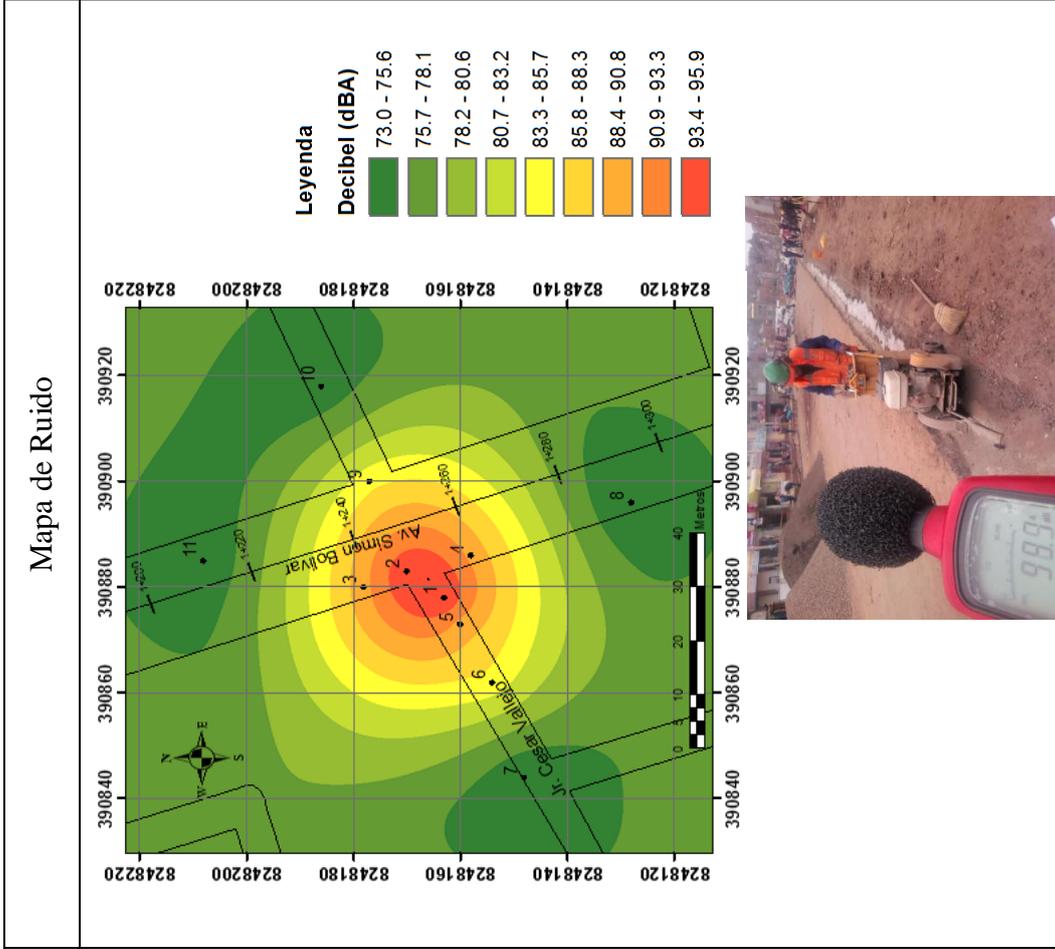
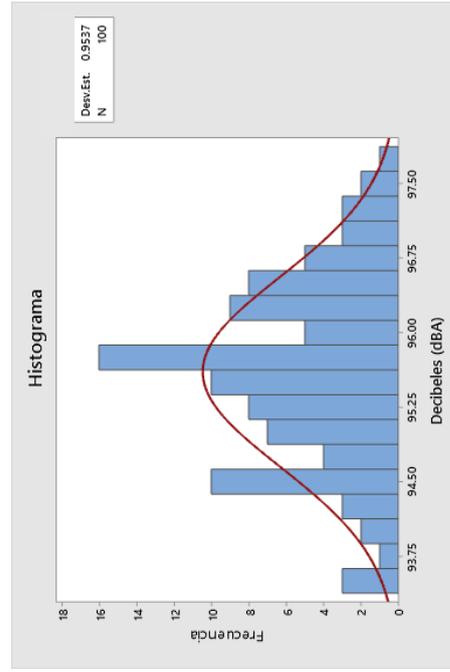
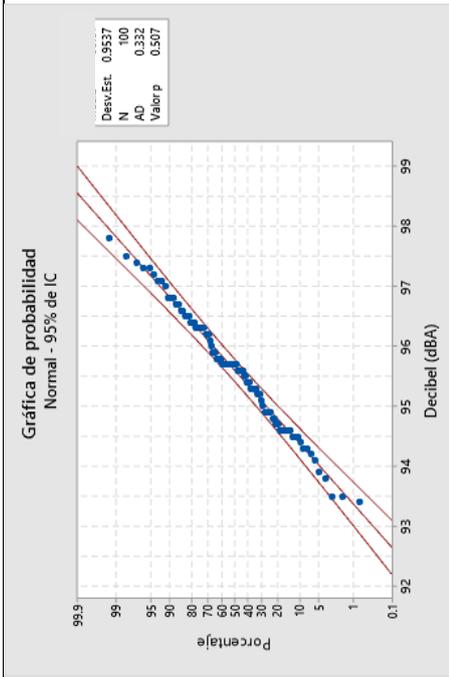
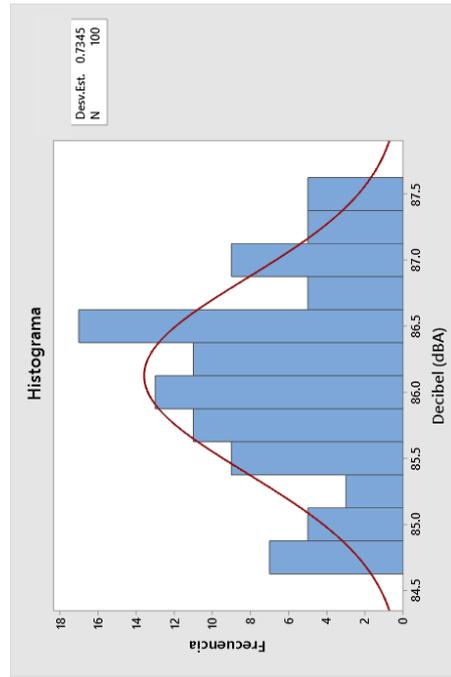
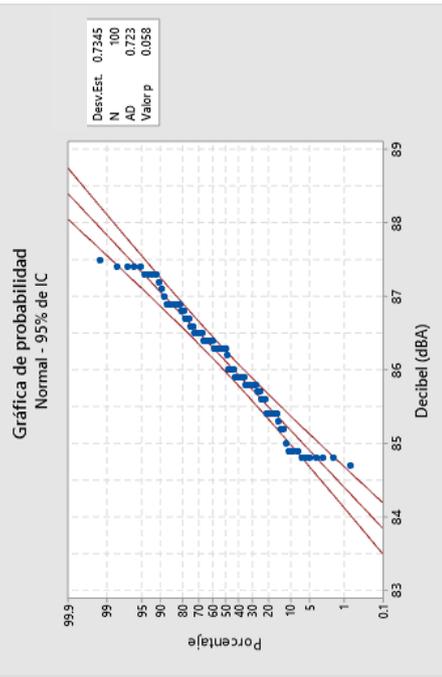


Figura 50: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Cortadora Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Mezcladora de Concreto



Mapa de Ruido

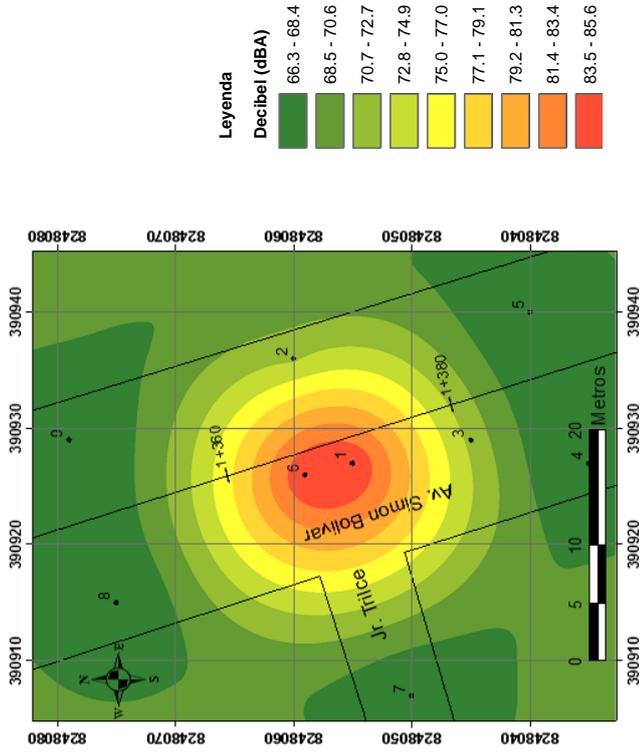


Figura 51: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Mezcladora Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 27: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Apisonadora

TIPO DE MAQUINARIA		Apisonadora Masaita		MODELO		EMR70H		POTENCIA		5.5 HP							
LUGAR		Av. Simón Bolívar		compactacion de material		Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora		2 metros		Lp,A,eqT							
FECHA	PROGRESIVA	COORDENADAS		TRABAJO REALIZADO		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN											
		E	N	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	87.4	87.8	86.4	86.8	87.3	88.7	87.5	88.4	88.7	87.6	
13/02/2020	1+130	390853	8248287	3823	14:00	15:00	87.4	87.8	86.4	86.8	87.3	88.7	87.5	88.4	88.7	87.6	
0+090	390842	8248321	3823	15:10	16:10	14:10	87.9	88.8	88.5	87.9	88.3	88	88.9	88.3	88.5	87.5	
18/02/2020	1+270	390898	8248152	3823	13:20	14:30	86.9	87.8	88	88.9	88.6	88.4	87.8	87.3	87.8	87.3	
1+430	390947	8247996	3823	14:30	15:30	15:30	88.3	89.2	88.5	87.9	88.5	88.4	88	87.8	89.2	87.5	
1+460	390956	8247970	3823	15:30	16:30	16:30	88.3	88.2	86.8	87.5	87.9	88.4	88.2	88.9	88.6	87.6	
25/02/2020	1+595	390988	8247838	3823	07:40	08:25	86.8	87.9	89	88.6	87.8	88.8	86.8	88.9	88.6	87.6	
1+610	390991	8247827	3823	09:00	09:50	09:50	87.5	87	89.2	87.9	88.5	88.4	87.9	88.2	88.4	88.06	
1+720	391036	8247720	3823	10:00	10:55	10:55	87.8	87.3	87.4	87.9	88.1	87.2	88.3	87.5	87	88.4	
1+780	391055	8247664	3823	11:00	12:00	12:00	88.9	87.9	88.4	88.2	89.3	88.9	88.4	88.2	87.6	87.9	88.5

FECHA	COORDENADAS	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN											Lp,A,eqT
						88.4	88	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	
28/02/2020	390928	8248083	3822	07:30	07:45	1	88.4	88	88.1								88.18
	390926	8248092	3822	07:45	08:00	2	74.5	74.2	73.5								74.09
	390941	8248103	3822	08:00	08:15	3	65.5	64.9	65								65.15
	390922	8248107	3822	08:15	08:30	4	64.7	65.3	65.4								65.15
	390907	8248097	3822	08:30	08:45	5	65.4	64.6	65.3								65.12
PROGRESIVA	390930	8248078	3822	08:45	09:00	6	88.7	87.3	88								88.04
	390914	8248076	3822	09:00	09:15	7	70.6	69.9	71.4								70.68
	390919	8248055	3822	09:15	09:30	8	65.6	64.6	65								65.09
	390929	8248063	3822	09:30	09:45	9	70.3	70.6	71.1								70.68
	390937	8248055	3822	09:45	10:00	10	64.3	65.6	65.3								65.11
1+350	390916	8248093	3822	10:00	10:15	11	70.4	70	71.5								70.69

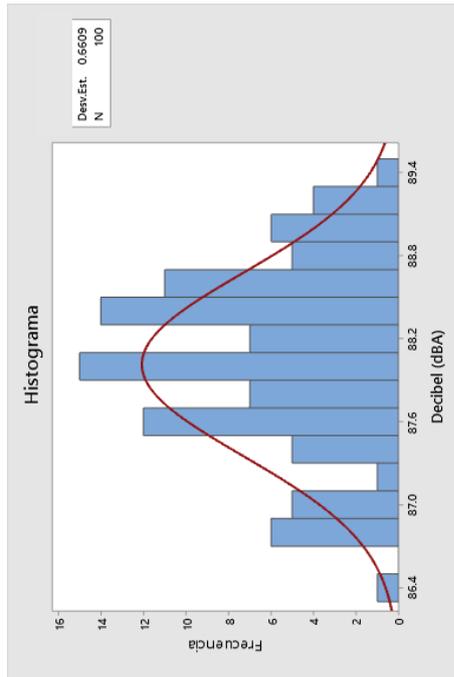
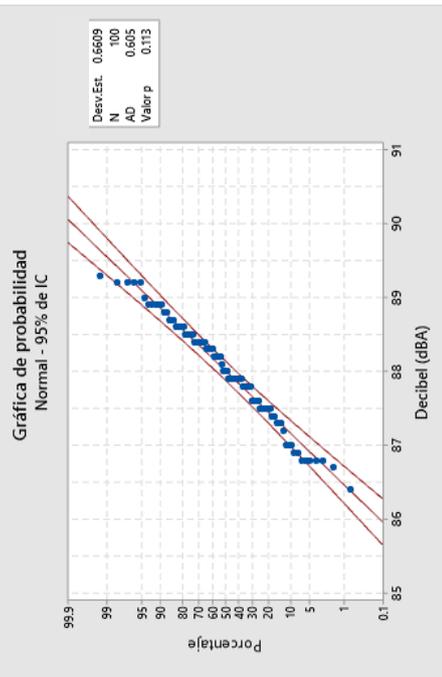
CROQUIS:

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 Lp,A,eqT,n: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Apisonadora



Mapa de Ruido

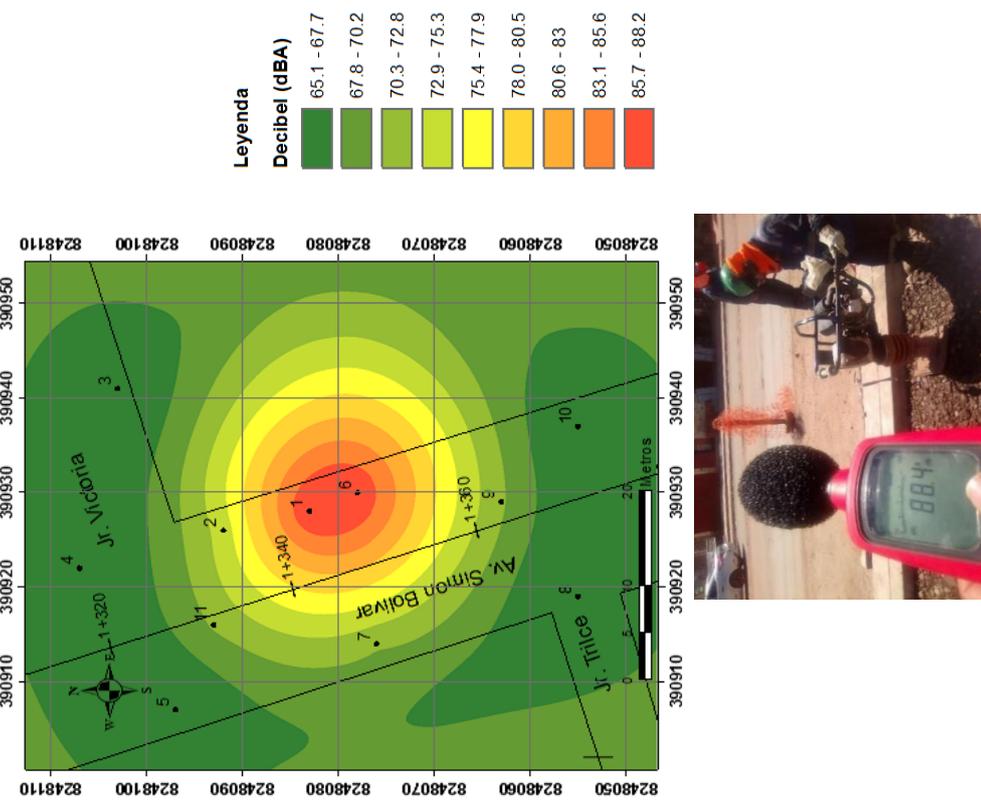


Figura 52: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Apisonadora
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 28: Datos obtenidos del monitoreo de ruido de Vibradora de Concreto

TIPO DE MAQUINARIA		Vibradora de Concreto PITBULL				MODELO	CNVR	POTENCIA	5.5 HP				
LUGAR		Av. Simon Bolivar		TRABAJO REALIZADO		Vibracion de mezcla de concreto	Distancia de Monitoreo de la Fuente Sonora	2 metros					
FECHA	PROGRESIVA	E	N	Z	HORA INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN		L _{p,A,eqT}				
24/01/2020	0+620	390681	8248761	3823	11:00	11:35	85.6	86.4	86.5	87.3	86.5		
28/01/2020	0+690	390721	8248669	3923	13:50	14:20	85.9	86.4	86.6	87.3	86.5		
27/02/2020	1+600	390992	8247833	3823	11:00	11:30	86.2	86	86.6	86.4	86.8	85.9	87.4
					13:20	13:55	85.6	86.3	86	86.2	86	86.7	86.9
					14:30	15:05	85.9	85.7	86.8	85.8	85.6	86.7	86.5
28/02/2020	0+620	390682	8248760	3822	11:00	11:35	85.4	86.6	86.9	85.6	87.2	86.8	85.6
					13:10	13:45	86.4	86.3	87	86.5	85.5	85.7	86.3
					14:00	14:35	86	86.2	86.9	87.2	86.5	86	86.7
					14:50	14:20	87.3	87.2	85.4	86.9	85.3	85.4	
29/02/2020	1+420	390950	8248011	3822	07:40	08:20	86.9	85.5	87.3	85.4	86.8	86.4	85.9
					08:40	09:15	86.3	86.6	86.3	86	85.9	86.7	
					09:40	10:15	86.9	87.3	87	86.3	86.5	86	86.4
					11:00	11:30	87	86.5	86.3	86	86.7		
02/03/2020	1+370	390927	8248055	3822	14:20	14:50	86.7	86.5	86.2	86.4	86.3	86	

FECHA	COORDENADAS		Z	HORA		PUNTO	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN		L _{p,A,eqT}
	E	N		INICIO	FINAL				
07/03/2020	390923	8248102	3822	08:40	08:55	1	86.7	86.3	86.6
	390918	8248094	3822	09:15	09:30	2	73	72.1	72.3
	390909	8248101	3822	09:40	09:55	3	68.9	69.4	68.6
	390911	8248085	3822	10:20	10:35	4	65.9	66.8	66.7
	390926	8248082	3822	10:35	10:50	5	66.6	66.2	66.6
PROGRESIVA	390922	8248107	3822	11:00	11:15	6	86.8	86.4	86.5
	390930	8248114	3822	11:15	11:30	7	72.6	72	72.8
	390939	8248117	3822	11:30	11:45	8	65.7	65	65.7
1+320	390944	8248105	3822	11:45	12:00	9	65.3	65.7	65.4
	390914	8248126	3822	12:05	12:20	10	66.5	66.1	66.8
	390903	8248115	3822	12:20	12:35	11	66.2	66.8	66.4

CROQUIS:

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$
 Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones
 Donde:
 n: es el número de la medición de la labor de trabajo
 N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
 L_{p,A,eqT,n}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Análisis del monitoreo de ruido de Vibradora de Concreto

Mapa de Ruido

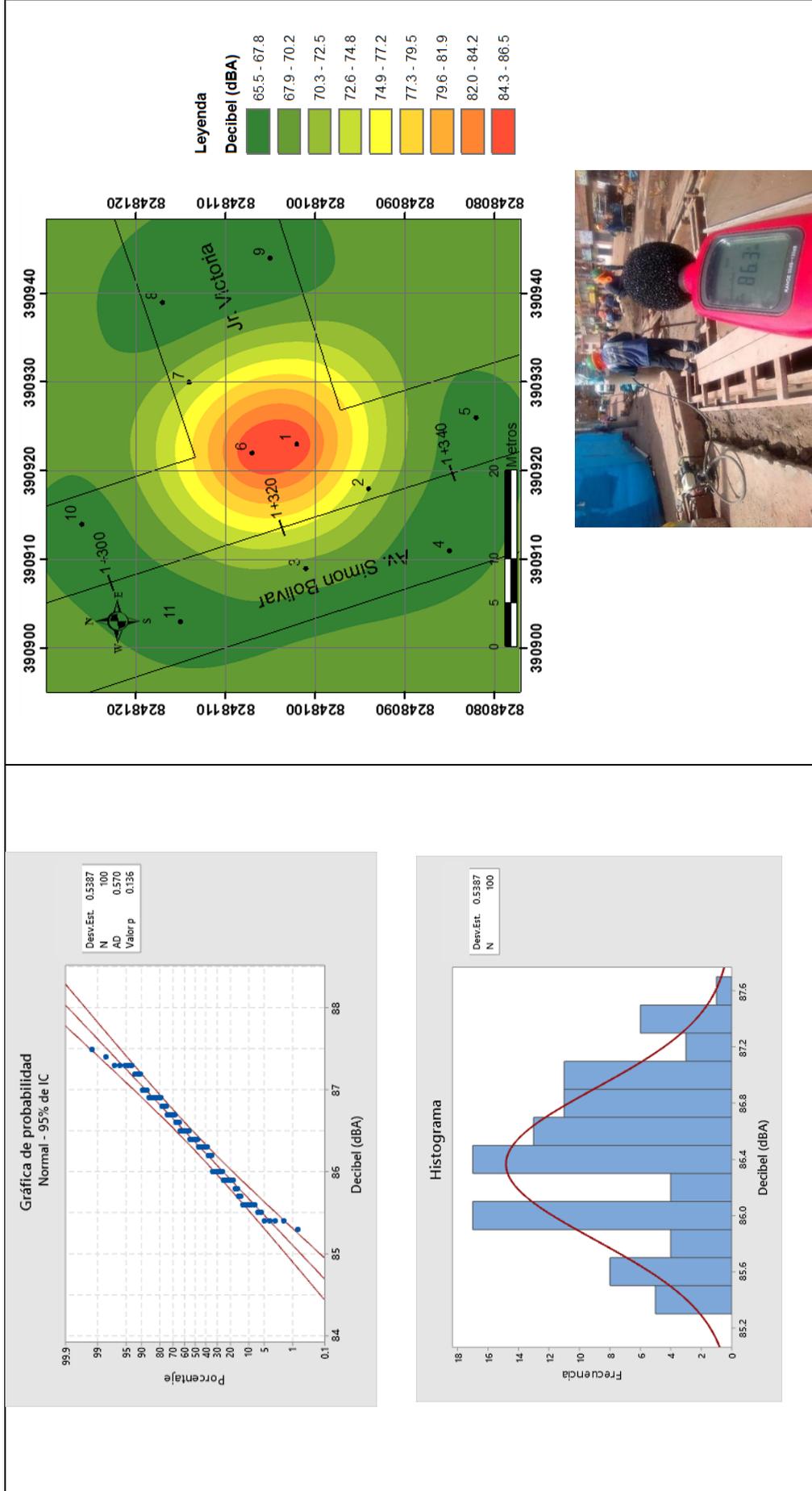


Figura 53: Análisis estadístico de los datos de monitoreo de ruido y elaboración de mapa de ruido para Vibradora de Concreto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

ANEXO 5. RESULTADOS DEL MONITOREO DE RUIDO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DE LOS TRABAJADORES

Tabla 29: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular E=0.20M. (Agregado producido)C/Equipo para ciclovia (primera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		BASE GRANULAR E=0.20M. (AGREGADO PRODUCIDO)C/EQUIPO PARA CICLOVIA				N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION				peones							
FECHA	03/03/2020	LUGAR	PROGRESIVA		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN												
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA INICIO	HORA FINAL	0+860 hasta 0+940 margen derecho	70.5	74.1	75.6	70.8	73.5	75.6	73.1	74.8	71.3	72.5	74.2
Selección de Piedra mayor a 2"	ninguno	-	-	07:00	08:00	69.7	85.2	86.1	84.9	86	86.5	86.4	86.3	87.1	86.5	86.1	85.7
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	08:00	09:00	85	87.5	86.5	87.2	87	86.2	86.2	85.5	86.4	86.8	86.7	86.5
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	09:00	10:00	86.4	85.4	87.2	85	85.2	85.8	86.1	86.9	85.3	86.1	85.4	86.2
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	10:00	11:00	85.6	85.5	86.6	86.5	87	85.9	87	86	85	86.8	85	86.7
selección de piedra mayor a 2" / conformación de base granular	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	11:00	12:00	86.7	86	85.9	85.2	86.8	86	86.7	86.4	86.2	86.3	86.6	85.9
Relleno de orificios con material fino/ compactación de base granular	Rodillo vibratorio Dynapac	CA 250	110HP	13:00	14:00	88.9	89.2	88.2	88.8	89.1	89	86.4	86.8	87.9	87.9	89.3	86.7
Relleno de orificios con material fino/ compactación de base granular	Rodillo vibratorio Dynapac	CA 250	110HP	14:00	15:00	87.1	88.7	87.5	89.1	88	89.1	87.5	87.5	87	88.2	88.8	87.5
Relleno de orificios con material fino/ compactación de base granular	Rodillo vibratorio Dynapac	CA 250	110HP	15:00	16:00	88.9	87.3	89.1	87.4	88.2	87.7						
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL				8.5 horas													

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelés	8 horas/día
88 decibelés	4 horas/día
91 decibelés	2 horas/día
94 decibelés	1 horas/día
97 decibelés	1/2 horas/día
100 decibelés	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,AeqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 31: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular E=0.20M. (Agregado producido)C/Equipo para ciclovia (tercera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		BASE GRANULAR E=0.20M. (AGREGADO PRODUCIDO)C/EQUIPO PARA CICLOVIA				N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION				peones										
FECHA	11/03/2020	LUGAR	AV. Simon Bolivar		0+860 hasta 940 margen izquierdo				4											
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	PROGRESIVA		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN														
				HORA INICIO	HORA FINAL															
Selección de Piedra mayor a 2"	ninguno	-	-	07:00	08:00	69.4	68.9	70.7	69.8	74.2	70.3	71	73.6	75.2	75.5	70.2	67.2			
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	08:00	09:00	86.4	87	87.9	85.6	85.7	87.5	85.6	85.4	86.2	85.8	87.4	85.5			
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	09:00	10:00	88	86.3	85.5	86.7	86.5	86.7	86.8	85.8	87.6	86.6	85.1	86.4			
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	10:00	11:00	86.5	86.5	87.4	87.4	85.2	87.7	86.4	87.3	85.9	87.2	85.2	85.5			
Selección de piedra mayor a 2" /batido de material	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	11:00	12:00	87.5	85.3	86.2	86	86.6	85.9	85.8	85.2	86.1	86	86.9	86.8			
selección de piedra mayor a 2" / conformación de base granular	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	13:00	14:00	86.2	87.8	88	87	85.6	87.2	85.2	86.1	87.2	86	85.3	86.2			85.87
selección de piedra mayor a 2" / conformación de base granular	Motoniveladora Komatsu	GD511A	135HP	14:00	14:30	86	86.4	85.3	85.5	85.7	86.3									
Relleno de orificios con material fino/ compactación de base granular	Rodillo vibratorio Dynapac	CA250	110HP	14:30	15:30	86.6	88.6	86.3	86.5	86.6	87	88	87.9	86	88	87.4	86.1			
Relleno de orificios con material fino/ compactación de base granular	Rodillo vibratorio Dynapac	CA250	110HP	15:30	16:30	87.8	88.2	86.4	88.9	88.4	88.9	86.5	87.6	89	86.7	87.2	88.5			
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL						8.5 horas														

Límites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelios	8 horas/día
88 decibelios	4 horas/día
91 decibelios	2 horas/día
94 decibelios	1 horas/día
97 decibelios	1/2 horas/día
100 decibelios	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,AeqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT;n}} \right) dB$$

Con la siguiente fórmula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT;n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 32: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de base granular e=0.20m. (Agregado producido) c/equipo para ciclovia

CÁLCULO DE NIVEL DIARIO DE EXPOSICIÓN Y DOSIS DE RUIDO																	
<p>3.1. Cálculo de la incertidumbre estándar, u1</p> <p>BASE GRANULAR E=0.20M. (AGREGADO PRODUCIDO)/EQUIPO PARA CICLOVIA</p> <p>86.02 (dBA)</p> <p>90 85 80 75 70</p> <p>1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100</p> <p>Numero de Muestras</p> <p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Lp,A,eqT,1 [86.46 dBA] Lp,A,eqT,2 [85.70 dBA] Lp,A,eqT,3 [85.87 dBA] Lp,A,eqTe [86.02 dBA] <p>Duración efectiva de la jornada laboral : 8.5 horas</p>	<p>1. Determinación Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada efectiva</p> $L_{p,A,eqTe} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$ <p style="text-align: right;">86.02 dB</p> <p>Donde $L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n n: es el número de la medición de la labor de trabajo N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo</p> <p>2. cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A</p> $L_{EX,8h} = L_{p,A,eqTe} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \text{dB}$ <p style="text-align: right;">86.29 dB</p> <p>Donde $L_{p,A,eqTe}$: el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral T_e: es la duración efectiva de la jornada laboral 8.5 horas T_0: es la duración de referencia, $T_0 = 8 \text{ h}$.</p>																
<p>3.2. Cálculo de incertidumbre</p> $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$ <p>Donde: $\bar{L}_{p,A,eqT}$: es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, N: es el número total de mediciones de la labor-trabajo</p> <p>3.3. Cálculo de la incertidumbre estándar, u1</p> $u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]}$ <p>Donde: $\bar{L}_{p,A,eqT}$: es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, N: es el número total de mediciones de la labor-trabajo</p> <p>3.4. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u, y de la incertidumbre expandida, U</p> <p>el coeficiente de sensibilidad, c2 se deriva de la Tabla C.3 según anexo</p> <p>calculo de la incertidumbre estándar combinada u:</p> $u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) = 3.48$ <p>entonces la incertidumbre expandida U es:</p> $U^2(L_{EX,8h}) = 1.65 * \sqrt{u} = 1.87 \text{ dB}$ <p>3.5. Cálculo de la incertidumbre expandida, u, y de la incertidumbre expandida, U</p> <p>según Norma G.050 seguridad durante la construcción, porcentaje de Dosis ruido para 85db por 8h = 100.00%</p> <p>$T_e = 8.50 \text{ horas}$</p> <p>$\% \text{ Dosis} = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{(L_{EX,8h} - 85)/3}$, 97 decibeles</p> <p>$\% \text{ Dosis} = 143.00\%$</p> <p>3.6. Conclusión: Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible</p>	<p>3.2. Incertidumbre estándar, u2, debida a los instrumentos utilizados</p> <p>La incertidumbre estándar, u2, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.5 dB</p> <p>3.3. Incertidumbre estándar, u3, debida a la posición del micrófono</p> <p>La incertidumbre estándar, u3, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.00 dB</p> <p>3.4. Cálculo mediante interpolación la contribución a la incertidumbre, c1u1, de la Tabla C.4 según Anexo</p> <table border="1"> <tr> <td>c0u0:</td> <td>0.0</td> <td>u0:</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>c2u2:</td> <td>0.6</td> <td>u2:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>m:</td> <td>1.2</td> <td>u1:</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">c1u1: 0.48</td> </tr> </table> <p>5. cálculo de la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente "L" en T</p> <p>según Norma G.050 seguridad durante la construcción, porcentaje de Dosis ruido para 85db por 8h = 100.00%</p> <p>$T_e = 8.50 \text{ horas}$</p> <p>$\% \text{ Dosis} = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{(L_{EX,8h} - 85)/3}$, 97 decibeles</p> <p>$\% \text{ Dosis} = 143.00\%$</p> <p>6. Conclusión: Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible</p>	c0u0:	0.0	u0:	0.0	c2u2:	0.6	u2:	0.5	m:	1.2	u1:	0.40	c1u1: 0.48			
c0u0:	0.0	u0:	0.0														
c2u2:	0.6	u2:	0.5														
m:	1.2	u1:	0.40														
c1u1: 0.48																	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 33: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M (primera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		SARDINELES - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO HPROM 0.40 M										N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION			L _{p,A,eqT,1}							
FECHA	05/03/2020	LUGAR		POTENCIA		PROGRESIVA		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN										3	4	1		
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA INICIO	HORA FINAL	0+860 hasta 0+920 imagen derecho	67.5	70.2	72.2	72.6	73.2	74.6	72.9	74.2	73.3	72.1	73.4					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	ninguno	-	-	07:00	08:00	67.5	70.2	72.2	72.6	73.2	74.6	72.9	74.2	73.3	72.1	73.4						
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	08:00	09:00	85.3	84.1	85.2	83	84.7	84.8	85.6	84.5	85	84.2	84.4	85.2					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	09:00	10:00	84.4	84.4	85.5	86	86.8	85.5	87.1	87.5	86.2	86.8	86.4	85.1					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	10:00	11:00	86.9	86.4	87.5	87.3	87.3	86.5	85.9	87.7	86.3	84.6	85.9	86.2					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	11:00	12:00	87.1	86.3	86.9	85.8	86.6	86.9	86.7	85.7	86.1	86.9	87.3	86.9					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	13:00	14:00	86.8	87.1	86.4	86.9	87.1	85.6	86.8	86.1	87.2	86.8	86.4	86.6					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	14:00	15:00	87	88	88.1	87.1	87.2	86.9	86	87.3	87.5	87.5	86.6	87.2	85.54				
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	15:00	15:45	86.7	86.5	87.4	87.8	87.3	86.4	87.9	87.3	87.1								
encofrado, excavacion para sardinel	ninguno	-	-	15:45	16:30	73.4	75.2	70.4	72.5	76.4	75.3	74.3	73.5	74.3								
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL				8.5 horas																		

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tempo de permanencia
85 decibelés	8 horas/día
88 decibelés	4 horas/día
91 decibelés	2 horas/día
94 decibelés	1 horas/día
97 decibelés	1/2 horas/día
100 decibelés	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

L_{p,A,eqT,n}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 35: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M (tercera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		SARDINELES - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO HPROM 0.40 M												
FECHA	12/03/2020	LUGAR	PROGRESIVA		N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION					L.p.A,eqT,3				
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN					peones operario			
						0-970 hasta 1+020 margen derecho								
encofrado, excavacion para sardinel/	ninguno	-	-	07:00	07:40	63.5	65.6	64.5	67.3	62.7	73.5	75.6	73.3	
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	07:40	08:40	86.1	85.6	87.1	86.1	85.3	87.1	86.1	86.5	86.7
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	08:40	09:40	86.7	85.7	85.3	86.4	85.2	87	87.8	86.9	87.9
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	09:40	10:40	87	87.5	86.8	85.3	87	86.4	85.8	85.7	86.8
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	10:40	11:40	86.8	86.2	85.5	87.7	87.7	86.7	85.7	86.8	86.2
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	11:40	12:00	85.5	87	87.5	87.5					
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	13:00	14:00	85.1	87.6	87.2	86	85.8	87.8	87.7	86	87.5
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	14:00	15:00	87.3	86.1	85.5	85.7	87.7	86.6	87.4	86.7	87.9
encofrado, excavacion para sardinel/rotura de base granular	rotomartillo bosch	GSH 27VC	2000W	15:00	16:00	86.2	85.4	85.6	85.7	87.2	85.5	86.2	87.5	86.5
encofrado, excavacion para sardinel	ninguno	-	-	16:00	16:30	70.6	74.6	76.9	73.7	74.4	72.6			
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL				8.5 horas										

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelos	8 horas/día
88 decibelos	4 horas/día
91 decibelos	2 horas/día
94 decibelos	1 horas/día
97 decibelos	1/2 horas/día
100 decibelos	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 36: Resultado del monitoreo de ruido durante los trabajos de Sardineles - Encofrado y Desencofrado Hprom 0.40 M

CÁLCULO DE NIVEL DIARIO DE EXPOSICIÓN Y DOSIS DE RUIDO																					
<p>1. Determinación Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada efectiva</p> $L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1x(L_{p,A,eqT_e,n})} \right) dB$ <p>Donde L_{p,A,eqT_e}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n n: es el número de la medición de la labor de trabajo N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo</p> <p>2. cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A</p> $L_{EX,Bh} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) dB$ <p>Donde L_{p,A,eqT_e}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral T_e: es la duración efectiva de la jornada laboral 8.5 horas T_0: es la duración de referencia, $T_0 = 8$ h.</p>	<p>3.1. Cálculo de la incertidumbre estándar, u1</p> $u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT_e,n} - \bar{L}_{p,A,eqT_e})^2 \right]}$ <p>Donde: \bar{L}_{p,A,eqT_e}: es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, N: es el número total de mediciones de la labor-trabajo</p> <p>3.2. Incertidumbre estándar, u2, debida a los instrumentos utilizados</p> <p>La incertidumbre estándar, u2, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.5 dB</p> <p>3.3. Incertidumbre estándar, u3, debida a la posición del micrófono</p> <p>La incertidumbre estándar, u3, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.00 dB</p> <p>3.4. Cálculo mediante interpolación la contribución a la incertidumbre, c1u1, de la tabla C.4 según Anexo</p> <table border="1"> <tr> <td>c0u0:</td> <td>0.0</td> <td>u0:</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>c2u2:</td> <td>0.6</td> <td>u2:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>m:</td> <td>1.2</td> <td>u1:</td> <td>0.23</td> </tr> <tr> <td colspan="4">c1u1:</td> </tr> <tr> <td colspan="4">0.27</td> </tr> </table> <p>5. cálculo de la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente "L" en T según Norma G.050 seguridad durante la construcción, porcentaje de Dosis ruido para 85db por 8h = 100.00%</p> <p>$T_e = 8.50$ horas $\% Dosis = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{(L_{EX,Bh} - 85)/3}$, 94 decibelios 97 decibelios 100 decibelios</p> <p>conclusión: Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible</p>	c0u0:	0.0	u0:	0.0	c2u2:	0.6	u2:	0.5	m:	1.2	u1:	0.23	c1u1:				0.27			
c0u0:	0.0	u0:	0.0																		
c2u2:	0.6	u2:	0.5																		
m:	1.2	u1:	0.23																		
c1u1:																					
0.27																					
<p>3.1. Cálculo de la incertidumbre estándar, u1</p> $\bar{L}_{p,A,eqT_e} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT_e,n}$ <p>Donde: \bar{L}_{p,A,eqT_e}: es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, N: es el número total de mediciones de la labor-trabajo</p> <p>3.2. Incertidumbre estándar, u2, debida a los instrumentos utilizados</p> <p>La incertidumbre estándar, u2, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.5 dB</p> <p>3.3. Incertidumbre estándar, u3, debida a la posición del micrófono</p> <p>La incertidumbre estándar, u3, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.00 dB</p> <p>3.4. Cálculo mediante interpolación la contribución a la incertidumbre, c1u1, de la tabla C.4 según Anexo</p> <table border="1"> <tr> <td>c0u0:</td> <td>0.0</td> <td>u0:</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>c2u2:</td> <td>0.6</td> <td>u2:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>m:</td> <td>1.2</td> <td>u1:</td> <td>0.23</td> </tr> <tr> <td colspan="4">c1u1:</td> </tr> <tr> <td colspan="4">0.27</td> </tr> </table> <p>5. cálculo de la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente "L" en T según Norma G.050 seguridad durante la construcción, porcentaje de Dosis ruido para 85db por 8h = 100.00%</p> <p>$T_e = 8.50$ horas $\% Dosis = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{(L_{EX,Bh} - 85)/3}$, 94 decibelios 97 decibelios 100 decibelios</p> <p>conclusión: Dado que excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por encima del límite máximo permisible</p>	c0u0:	0.0	u0:	0.0	c2u2:	0.6	u2:	0.5	m:	1.2	u1:	0.23	c1u1:				0.27				<p>4. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u, y de la incertidumbre expandida, U</p> <p>el coeficiente de sensibilidad, c2 se deriva de la Tabla C.3 según anexo</p> <p>calculo de la incertidumbre estándar combinada u: $u^2(L_{EX,Bh}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) = 3.32$ entonces la incertidumbre expandida U es: $U^2(L_{EX,Bh}) = 1.65 * \sqrt{u} = 1.82$ dB</p> <p>conclusión: El personal en los trabajos de SARDINELES - ENCOFRADO Y DESENCOFADO HPROM 0.40 M, están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 86.02 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 1.82 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % (k = 1.65)</p>
c0u0:	0.0	u0:	0.0																		
c2u2:	0.6	u2:	0.5																		
m:	1.2	u1:	0.23																		
c1u1:																					
0.27																					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 37: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H FC= 210 kg/cm2 E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (primera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		VEREDAS - C:H FC= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO															
FECHA	06/03/2020	LUGAR	AV. Simon Bolivar		PROGRESIVA		0-860 hasta 0+910 margen derecho			N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION		operarios oficiales peones					
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN											
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	07:00	08:00	64.8	69.1	64.1	73.9	73.6	69.7	70.1	71	66.5	68.1	69.8	69
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	08:00	09:00	70.1	66.7	64	66	65.6	67	67.1	64.1	67.5	73	65.8	66.3
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	09:00	09:35	74	66.1	73.7	68.3	71.1	70.7	74.7					
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	09:35	10:35	80.1	81.7	82.8	86.7	85.7	81.9	81.1	83.6	87.4	83.3	82.2	86.4
acabados	ninguno	-	-	10:35	11:15	68	68.9	73.3	65.6	72.1	71	66.5	70.1				
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	11:15	12:00	80.8	84	86.9	81.6	81.9	80.3	81.5	82	87.5			78.74
acabados	ninguno	-	-	13:00	13:30	69.7	67.1	69	65.3	76.2	70.5						
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	13:30	14:10	80.1	81.8	80.3	82.4	80.8	81.7	82.7	88.2				
acabado y bruñado	ninguno	-	-	14:10	15:10	66.3	65.2	69.3	69.2	69	67.1	73.5	66.6	66.3	64.3	65.2	66.3
acabado y bruñado	ninguno	-	-	15:10	16:10	64.2	66.3	68.2	67	73.5	68.2	66.1	68.7	72.7	71.9	70.8	68.9
acabado y bruñado	ninguno	-	-	16:10	16:30	70.7	68.1	67.5	69								
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL				8.5 horas													

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelios	8 horas/día
88 decibelios	4 horas/día
91 decibelios	2 horas/día
94 decibelios	1 horas/día
97 decibelios	1/2 horas/día
100 decibelios	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 38: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H F'C= 210 kg/cm2 E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (segunda jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		VEREDAS - C:H F'C= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO													
FECHA	10/03/2020	LUGAR	AV. Simon Bolivar		PROGRESIVA		0+910 hasta 0+970 margen derecho			N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION		operarios oficiales peones			
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA		NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN						L.p.A.eqT,2			
				INICIO	FINAL										
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	07:00	08:00	64	66.6	64.2	69.6	68.3	68.9	72.1	64.5	66.8	70.3
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	08:00	09:00	69.4	76.5	64.1	76.8	70.5	75.8	66.5	72.6	76.7	71.7
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	09:00	09:40	70.6	75.5	75.5	72.7	70.4	73.7	74.2			
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	09:40	10:40	81	82.4	83.6	80.9	85.9	80.8	81.6	80.4	80.2	87
acabado	ninguno	-	-	10:40	11:20	67.2	71	67.5	66.9	65.4	73.1	73.2			
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	11:20	12:00	83.3	86	83.5	83.5	86.6	82.7	86.4			79.71
acabado	ninguno	-	-	13:00	13:30	69.5	70.6	67.7	66.9	66	67.6				
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	13:30	14:00	82.2	83	82.4	83.5	81	86.5				
acabado	ninguno	-	-	14:00	14:30	70.1	67.5	68.2	66.4	64.7	70.8				
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	14:30	15:10	80.4	86.2	81.9	82.3	80.8	83.5	87.1	82.7		
acabado y bruñado	ninguno	-	-	15:10	15:40	71.9	64.2	67.9	67	70.8	66.9				
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	15:40	15:55	81.8	81.5	82.8							
acabado y bruñado	ninguno	-	-	15:55	16:30	69.3	66.1	65.7	71.2	72	71	65.5			
		DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL		8.5 horas											

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelios	8 horas/día
88 decibelios	4 horas/día
91 decibelios	2 horas/día
94 decibelios	1 horas/día
97 decibelios	1/2 horas/día
100 decibelios	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

n: es el número de la medición de la labor de trabajo

N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo

$L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 39: Datos obtenidos del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H FC= 210 kg/cm2 E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado c/mezcla inc. curado (tercera jornada laboral)

TRABAJO REALIZADO		VEREDAS - C:H FC= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO															
FECHA	13/03/2020	LUGAR	AV. Simon Bolivar		PROGRESIVA		0-970 hasta 1+020 margen derecho		N° DE TRABAJADORES / DESCRIPCION		operarios oficiales peones						
TAREA REALIZADA	TIPO DE MAQUINARIA INVOLUCRADA	MODELO	POTENCIA	HORA INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE MUESTRAS/MONITOREO CADA 5 MIN						L.p.A.eqT,3					
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	07:00	08:00	64.7	65.5	67.3	63.2	67.1	73.7	71.7	71.3	63.3	65.7	69.5	65.3
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	08:00	09:00	73.4	73	64.8	63.7	63.4	73.7	67.8	65.6	70.4	71.8	68.2	67.2
Encofrado, nivelacion	ninguno	-	-	09:00	09:30	66.1	64.8	70.5	63.9	69.3	72.1						
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	09:30	10:00	83.2	83.6	80.7	81.6	82.6	87.4						
acabado	ninguno	-	-	10:00	10:50	69.1	66.2	66	71.3	67.7	68.9	63.4	71.1	67.4	65.6		
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	10:50	11:30	82.5	80.1	85.9	82.9	80.9	82.6	83.3	86.9				
acabado	ninguno	-	-	11:30	12:00	68.7	70.2	66.8	68.3	67.3	70.7						78.48
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	13:20	13:40	83.3	82.7	81.4	85.8								
acabado	ninguno	-	-	13:40	14:10	63.1	71.4	66.8	72.3	64.6	69.8	66.5	67.5	65.9	66.9		
vaciado de concreto/ mezcla de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	14:10	14:40	83.9	86.3	80.9	82.3	86.6	83.8						
acabado y bruñado	ninguno	-	-	14:40	15:40	70.8	67.4	64.8	70.4	66.5	67.7	68.4	63.5	70.5	64.6	67.7	70
vaciado de concreto/ mezcladora de concreto, vibrado de mezcla	carmix vibradora	3.5TT CNVR	111HP 5.5HP	15:40	16:00	81.3	82.3	83.4	83.5								
acabado y bruñado	ninguno	-	-	16:00	16:30	66.5	65	69.5	64.5	70.3	65.4						
DURACION EFECTIVA DE LA JORNADA LABORAL				8.5 horas													

Limites máximo permisibles de nivel de ruido, Norma G.050 seguridad durante la construcción

Nivel de ruido (dBA)	Tiempo de permanencia
85 decibelios	8 horas/día
88 decibelios	4 horas/día
91 decibelios	2 horas/día
94 decibelios	1 horas/día
97 decibelios	1/2 horas/día
100 decibelios	1/4 horas/día

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Nota:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eqT,i}} \right) dB$$

Con la siguiente formula calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un número total de mediciones

Donde:

- n: es el número de la medición de la labor de trabajo
- N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo
- L_{p,A,eqT,n}: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n

Tabla 40: Resultado del monitoreo de ruido durante los trabajos de Veredas - C:H FC= 210 kg/cm2 E=0.20M coloreado incluye acabado y bruñado

CÁLCULO DE NIVEL DIARIO DE EXPOSICIÓN Y DOSIS DE RUIDO																	
<p>VEREDAS - C:H FC= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO</p> <p>79.01 (dBA)</p> <p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Lp,A,eqT,1 [78.74 dBA] Lp,A,eqT,2 [79.71 dBA] Lp,A,eqT,3 [78.48 dBA] Lp,A,eqTe [79.01 dBA] <p>Duración efectiva de la jornada laboral: 8.5 horas</p>	<p>1. Determinación Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada efectiva</p> $L_{p,A,eqTe} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1x L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$ <p style="text-align: right;">79.01 dB</p> <p>Donde $L_{p,A,eqT,n}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n</p> <p>n: es el número de la medición de la labor de trabajo</p> <p>N: es el número total de mediciones de la labor de trabajo</p> <p>2. cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A</p> $L_{EX,8h} = L_{p,A,eqTe} + 10 \lg \left(\frac{T_o}{T_o} \right) \text{dB}$ <p style="text-align: right;">79.27 dB</p> <p>Donde $L_{p,A,eqTe}$: el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral</p> <p>T_o: es la duración efectiva de la jornada laboral 8.5 horas</p> <p>T_o: es la duración de referencia, $T_o = 8 \text{ h}$.</p>																
<p>3.1. Cálculo de la incertidumbre estándar, u1</p> $u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2}$ <p>Donde: $\bar{L}_{p,A,eqT}$: es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.</p> <p>N: es el número total de mediciones de la labor-trabajo</p> <p>$\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$</p> <p>N= 3</p> <p>$\bar{L}_{p,A,eqT} = 78.98 \text{ dB}$</p> <p>$u_1 = 0.65$</p>	<p>3.2. Incertidumbre estándar, u2, debida a los instrumentos utilizados</p> <p>La incertidumbre estándar, u2, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.5 dB</p> <p>3.3. Incertidumbre estándar, u3, debida a la posición del micrófono</p> <p>La incertidumbre estándar, u3, de acuerdo a la NTP - ISO 9612 2010 es: 1.00 dB</p> <p>3.4. Cálculo de la contribución a la incertidumbre, ciu1, de la tabla C.4 según Anexo</p> <table border="0"> <tr> <td>c0u0:</td> <td>0.6</td> <td>u0:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>c2u2:</td> <td>1.6</td> <td>u2:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>m:</td> <td>2</td> <td>u1:</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">ciu1: 0.90</td> </tr> </table> <p>5. cálculo de la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente "L" en T</p> <p>según Norma G.050 seguridad durante la construcción, porcentaje de Dosis ruido para 85db por 8h = 100.00%</p> <p>$T_e = 8.50 \text{ horas}$</p> <p>$\% \text{ Dosis} = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{(L_{EX,8h} - 85)/3}$</p> <p>$\% \text{ Dosis} = 28.29\%$</p> <p>conclusión: Dado que no excede el 100% de la dosis diaria, la exposición del personal al ruido está por debajo del límite máximo permisible</p>	c0u0:	0.6	u0:	0.5	c2u2:	1.6	u2:	1	m:	2	u1:	0.65	ciu1: 0.90			
c0u0:	0.6	u0:	0.5														
c2u2:	1.6	u2:	1														
m:	2	u1:	0.65														
ciu1: 0.90																	
<p>4. Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u, y de la incertidumbre expandida, U</p> <p>el coeficiente de sensibilidad, c2 se deriva de la Tabla C.3 según anexo</p> <p>$c_2 = 1.00$</p> <p>calculo de la incertidumbre estándar combinada u:</p> $u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) = 4.05$ <p>entonces la incertidumbre expandida U es:</p> $U^2(L_{EX,8h}) = 1.65 * \sqrt{u^2} = 2.01 \text{ dB}$ <p>conclusión: El personal en los trabajos de VEREDAS - C:H FC= 210 KG/CM2 E=0.20M COLOREADO INCLUYE ACABADO Y BRUÑADO C/MEZCLA INC. CURADO, están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 79.27 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 2.01 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % (k=1.65)</p>	<p>3. Cálculo de incertidumbre</p>																

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

ANEXO 6. COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD Y CONTRIBUCIÓN A LA INCERTIDUMBRE

TABLA C.3 – Incertidumbre presupuesta para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la función

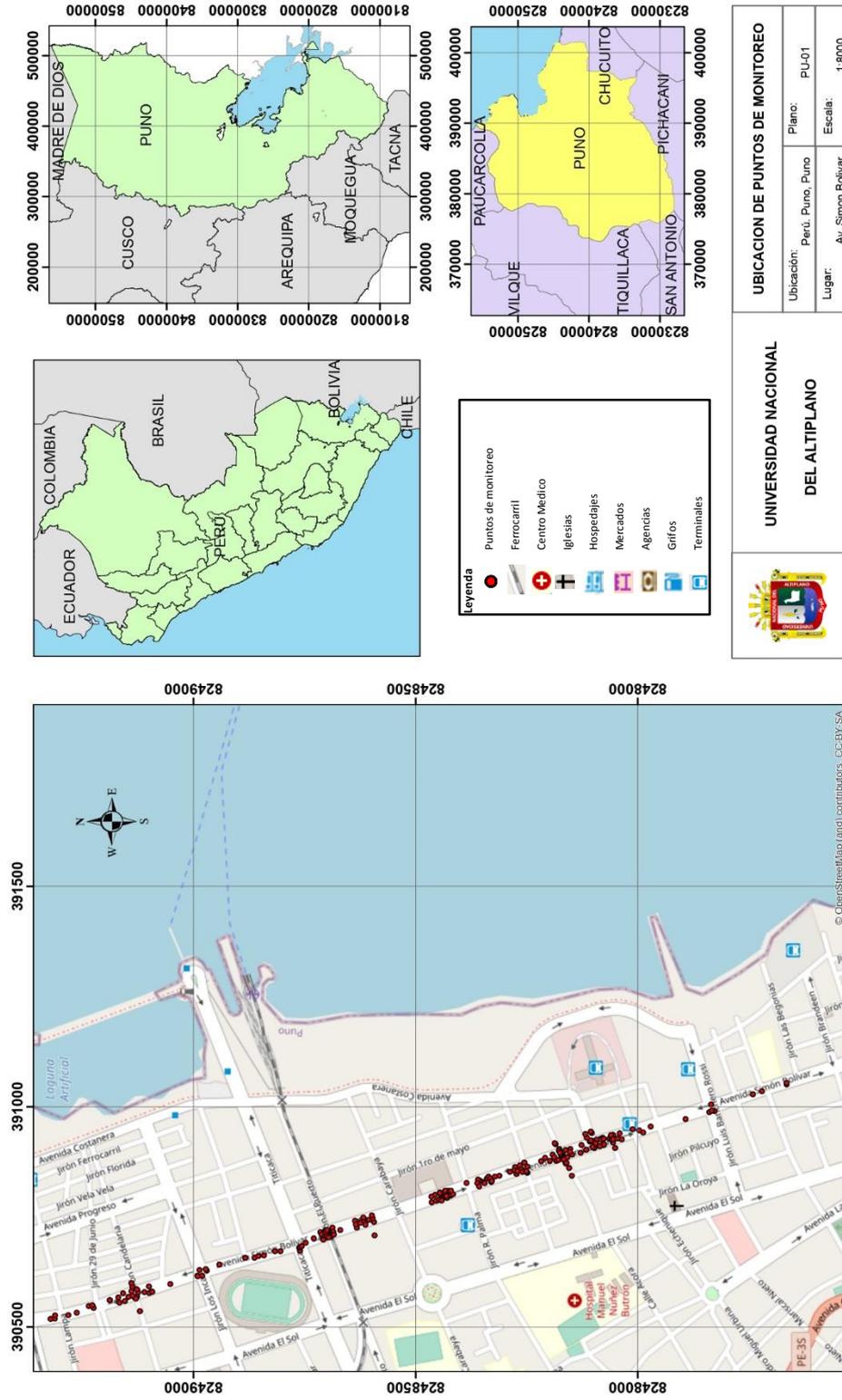
Magnitud	Estimación	Incertidumbre estándar u_i	Distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ media energética de la medida $L_{p,A,eqT,n}$	u_1 a determinar utilizando la ecuación (C.12)	Normal	c_1	$c_1 u_1$ según indica la tabla C.4
Q_2	0	u_2 según indica la tabla C.5	Normal	$c_2 = 1$	u_2
Q_3^a	0	u_3 según indica C.6	Normal	$c_3 = 1$	u_3

^a Se espera que Q_3 se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar el valor medio aritmético estimado de Q_3 , se considera igual a cero. Se supone que la incertidumbre estándar, u_3 , asociada a las posiciones del micrófono tiene que cubrir esta incertidumbre extra.

TABLA C.4 – Contribución a la incertidumbre, $c_1 u_1$, de las mediciones del nivel de ruido de una labor-trabajo y de una jornada completa, en decibeles, aplicable a un conjunto de N valores medidos, $L_{p,A,eqT,n}$, de la incertidumbre estándar u_1

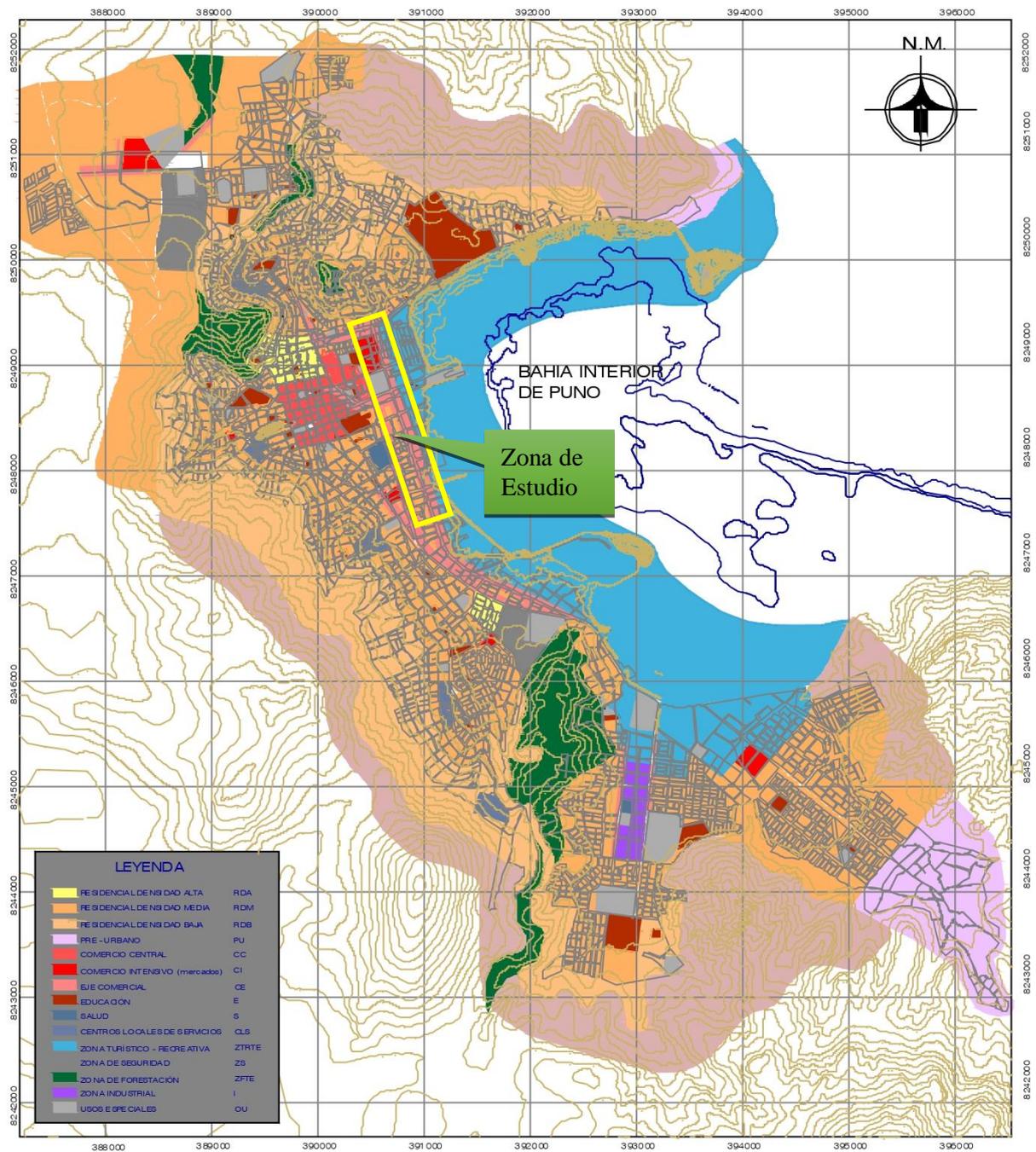
N	Contribución a la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

ANEXO 7. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. ZONA DE ESTUDIO DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno (2012 - 2022)

Disponible en:

http://www.munipuno.gob.pe/Propuestas_GDU/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20PUNO%20-%202012-2022.pdf



ANEXO 9: VALIDACIÓN DE LA ENCUESTA SOBRE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SONORA GENERADA POR LAS MAQUINARIAS A LA POBLACIÓN MORADORA Y RESIDENTE DE LA AV. SIMÓN BOLÍVAR

Para evaluar la neutralidad y descartar los sesgos posibles en el estudio dependerá de la validez y la fiabilidad del cuestionario. La validez es el grado de coincidencia entre las explicaciones que son sucesos observados los cuales se aproximan a la realidad o verdad y la fiabilidad es la precisión y estabilidad de la información, del procedimiento de medición, con la finalidad de controlar la inexactitud y evitar los errores.

Para analizar la fiabilidad se utilizará la metodología basada en el alfa de Cronbach que es un coeficiente que varía de 0 a 1 entre más próximo esté a 1 los ítems poseerán mayor consistencia. Por otro lado, para evaluar la validez del instrumento se realizó un análisis factorial exploratorio, el cual permite agrupar los ítems que tienen una fuerte relación formando factores entre sí.

Con la finalidad de evaluar la confiabilidad y la validez de constructo del instrumento de medición y poder confiar en la idoneidad de la muestra se ha decidido optar la recomendación clásica basado en el ratio personas/ítems sugerida por Gorsuch (1983) en el cual sugiere 5 sujetos, una variable y un tamaño no menor de 100 personas.

Para poder realizar un análisis factorial exploratorio de los ítems se tendrá que realizar el siguiente procedimiento:

- Análisis de correlaciones y fiabilidad del instrumento
- Pruebas de adecuación previo al análisis factorial
- Análisis factorial

A. ANÁLISIS DE CORRELACIONES Y FIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

En la primera etapa de un análisis factorial se debe eliminar aquellos ítems que reducen la confiabilidad de la encuesta, realizando una revisión de la correlación total de elementos obtenidos del programa estadístico SPSS, si los ítems muestran un índice menor a 0.3 de acuerdo a Nurosis (1993) éstas deben ser suprimidas.

Tabla 41: Correlación total de elementos

Descripción	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
ITEM 4	,683	,849
ITEM 5	,661	,851
ITEM 6	,456	,859
ITEM 7	,545	,855
ITEM 8	,617	,851
ITEM 9	,698	,850
ITEM 10	,685	,849
ITEM 11	-,704	,902
ITEM 12	,563	,855
ITEM 13	,624	,853
ITEM 14	,563	,855
ITEM 15	,429	,860
ITEM 16	,594	,852
ITEM 17	,496	,858
ITEM 18	,446	,860
ITEM 19	,773	,842
ITEM 20	,519	,856

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En función a los resultados obtenidos, se decidió eliminar 4 ítems (ítem 6, ítem 11, ítem 15, ítem 18) los cuales tuvieron una correlación muy baja cercana a 0,3 y por otra parte correlaciones negativas estos ítems no aportan bien para el análisis factorial disminuyendo la fiabilidad del instrumento.

B. PRUEBA DE ADECUACIÓN MUESTRAL Y ESFERICIDAD DE BARLETT

Para realizar el análisis factorial es necesario examinar la matriz de correlaciones de los ítems con la finalidad de revisar si tiene correlación baja o una correlación alta y tomar la decisión de una metodología de rotación de la matriz con sus componentes. Posteriormente se realiza el test de esfericidad de Barlett y el índice de medida de adecuación muestral de Kaiser- Meyer- Olikin (KMO)

La medida de adecuación muestral KMO según Quintin (2007) debe estar por encima de 0.80 ésta indica que la muestra de la investigación es óptima para el análisis factorial. Así mismo ésta prueba de esfericidad de Barlett verifica la hipótesis nula de la matriz de correlaciones entre las variables consideradas y constituye una matriz de identidad, si ésta ocurre significaría que entre las variables no existiría correlaciones y no sería pertinente un análisis factorial. En la siguiente tabla muestra los resultados utilizando el programa SPSS.

Tabla 42: Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,808
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	812,033
	Gl	78
	Sig.	,000

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La medida de adecuación muestral KMO fue alta 0,808 lo cual es muy bueno, por lo que con este resultado se puede realizar el análisis factorial. Por otro lado se puede observar que las variables guardan una correlación entre sí, por consiguiente justifica la realización del análisis factorial para evaluar la validez del instrumento.



C. ANÁLISIS FACTORIAL

El análisis factorial fue realizado a los 13 ítems restantes, los ítems se sometieron a un análisis factorial exploratorio de componentes principales con rotación varimax para definir las dimensiones que componen la escala, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 44: Matriz de componentes rotados

Descripción	Componente		
	1	2	3
¿Qué tan sensible es al ruido? (si le molesta o perturba cualquier tipo de sonido probablemente sea usted sensible al ruido)	,863	,177	,259
¿Cuánto le molesta o perturba el ruido generado por las maquinarias en la obra?	,845	,338	,105
¿Siente la necesidad de que se deben tomar medidas de protección auditiva frente a altos niveles de ruido?	,753	,228	,112
¿En cuánto considera que el ruido ambiental perturba o interrumpe sus actividades?	,692	,379	,263
¿Ha sentido la sensación de haber sufrido trauma acústico por causa del ruido?	,115	,718	,206
¿Qué tan molesto siente al ruido en el interior de su vivienda o local de trabajo?	,376	,709	,077
¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que ha disminuido su concentración?	,294	,705	,431
¿En cuánto considera que el ruido ambiental deteriora su bienestar y/o confort?	,433	,640	,184
¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que le genera irritabilidad?	,205	,615	,220
¿Siente que el ruido interrumpe su estudio y/o lectura?	,187	,192	,829
¿Siente que el ruido interrumpe su conversación?	,353	,042	,757
¿A consecuencia del ruido usted se ha sentido estresado?	-,049	,280	,727
¿Siente que el ruido le interrumpe al escuchar música y/o ver televisión?	,241	,347	,690

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla de varianza total explicativa muestra que los ítems se agruparon en 3 factores que explican el 67.83% del instrumento utilizado y en la tabla de la matriz de componentes rotados muestra las preguntas que conforman y aportan en cada componente. Finalmente con estos 13 ítems se realizó la prueba de Alfa de Cronbach del instrumento.

Tabla 45: Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,903	13

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



ENCUESTA SOBRE LA CONTAMINACION SONORA

Se está realizando un trabajo de investigación sobre la contaminación sonora generada por la maquinaria en la construcción de la infraestructura vial urbana en la Avenida Simón Bolívar para evaluar sus efectos, por lo que le rogamos nos conceda unos minutos en responder la siguiente encuesta.

Instrucciones:

En cada pregunta marque solo una casilla como respuesta.

I. DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Sexo
 - a) Masculino
 - b) Femenino
2. Edad
 - a) 15 - 24 años
 - b) 25 - 34 años
 - c) 35 - 44 años
 - d) 45 - 54 años
 - e) 55 - 64 años
 - f) Mayor a 65 años
3. Nivel de instrucción
 - a) Sin estudios
 - b) Primaria
 - c) Secundaria
 - d) Técnica
 - e) Universitaria

II. SENSIBILIDAD Y MOLESTIAS DEL RUIDO

4. ¿Qué tan sensible es al ruido? (si le molesta o perturba cualquier tipo de sonido probablemente sea usted sensible al ruido).
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente
5. ¿Cuánto le molesta o perturba el ruido generado por las maquinarias en la obra?
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente

III. ACTITUDES FRENTE AL RUIDO

6. ¿Lo ha preocupado o preocupa la posibilidad de tener algún daño auditivo por causa de la exposición al ruido?
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente
7. ¿Siente la necesidad de que se deben tomar medidas de protección auditiva frente a altos niveles de ruido?
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente

IV. VALORACIÓN DEL AMBIENTE

8. ¿Qué tan molesto siente al ruido en el interior de su vivienda o local de trabajo?
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente
9. ¿En cuánto considera que el ruido ambiental deteriora su bienestar y/o confort?
 - a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente



10. ¿En cuánto considera que el ruido ambiental perturba o interrumpe sus actividades?
- a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente
15. ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que interrumpe su descanso o reposo?
- a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente

11. ¿Qué tan satisfecho está con el ambiente acústico durante la ejecución de la obra?
- a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente
16. ¿Ha sentido la sensación de haber sufrido trauma acústico por causa del ruido?
- a) nada
 - b) ligeramente
 - c) moderadamente
 - d) bastante
 - e) extremadamente

17. ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que le genera irritabilidad?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

V. EFECTOS DEL RUIDO

12. ¿Siente que el ruido interrumpe su conversación?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

13. ¿Siente que el ruido le interrumpe al escuchar música y/o ver televisión?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

14. ¿Siente que el ruido interrumpe su estudio y/o lectura?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

18. ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido dolor de cabeza?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

19. ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que ha disminuido su concentración?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

20. ¿A consecuencia del ruido usted se ha sentido estresado?

- a) nada
- b) ligeramente
- c) moderadamente
- d) bastante
- e) extremadamente

ANEXO 10. RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA

Pregunta N°1

Tabla 46: Sexo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	masculino	38	38,0	38,0	38,0
	femenino	62	62,0	62,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°2

Tabla 47: Edad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	15 a 24 años	5	5,0	5,0	5,0
	25 a 34 años	17	17,0	17,0	22,0
	35 a 44 años	26	26,0	26,0	48,0
	45 a 54 años	28	28,0	28,0	76,0
	55 a 64 años	19	19,0	19,0	95,0
	mayor a 65 años	5	5,0	5,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°3

Tabla 48: Nivel de instrucción

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	primaria	5	5,0	5,0	5,0
	secundaria	41	41,0	41,0	46,0
	técnica	34	34,0	34,0	80,0
	universitaria	20	20,0	20,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°4

Tabla 49: ¿Qué tan sensible es al ruido? (si le molesta o perturba cualquier tipo de sonido probablemente sea usted sensible al ruido)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	15	15,0	15,0	15,0
moderadamente	20	20,0	20,0	35,0
bastante	51	51,0	51,0	86,0
extremadamente	14	14,0	14,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°5

Tabla 50: ¿Cuánto le molesta o perturba el ruido generado por las maquinarias en la obra?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	10	10,0	10,0	10,0
moderadamente	15	15,0	15,0	25,0
bastante	64	64,0	64,0	89,0
extremadamente	11	11,0	11,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°6

Tabla 51: ¿Lo ha preocupado o preocupa la posibilidad de tener algún daño auditivo por causa de la exposición al ruido?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Nada	15	15,0	15,0	15,0
ligeramente	26	26,0	26,0	41,0
moderadamente	30	30,0	30,0	71,0
bastante	24	24,0	24,0	95,0
extremadamente	5	5,0	5,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°7

Tabla 52: ¿Siente la necesidad de que se deben tomar medidas de protección auditiva frente a altos niveles de ruido?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	16	16,0	16,0	16,0
moderadamente	24	24,0	24,0	40,0
bastante	60	60,0	60,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°8

Tabla 53: ¿Qué tan molesto siente al ruido en el interior de su vivienda o local de trabajo?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	16	16,0	16,0	16,0
moderadamente	24	24,0	24,0	40,0
bastante	45	45,0	45,0	85,0
extremadamente	15	15,0	15,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°9

Tabla 54: ¿En cuánto considera que el ruido ambiental deteriora su bienestar y/o confort?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	5	5,0	5,0	5,0
moderadamente	35	35,0	35,0	40,0
bastante	51	51,0	51,0	91,0
extremadamente	9	9,0	9,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°10

Tabla 55: ¿En cuánto considera que el ruido ambiental perturba o interrumpe sus actividades?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	15	15,0	15,0	15,0
moderadamente	30	30,0	30,0	45,0
bastante	47	47,0	47,0	92,0
extremadamente	8	8,0	8,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°11

Tabla 56: ¿Qué tan satisfecho esta con el ambiente acústico durante la ejecución de la obra?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Nada	55	55,0	55,0	55,0
ligeramente	25	25,0	25,0	80,0
moderadamente	15	15,0	15,0	95,0
bastante	5	5,0	5,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°12

Tabla 57: ¿Siente que el ruido interrumpe su conversación?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ligeramente	13	13,0	13,0	13,0
moderadamente	27	27,0	27,0	40,0
bastante	55	55,0	55,0	95,0
extremadamente	5	5,0	5,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°13

Tabla 58: ¿Siente que el ruido le interrumpe al escuchar música y/o ver televisión?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	ligeramente	16	16,0	16,0	16,0
	moderadamente	34	34,0	34,0	50,0
	bastante	50	50,0	50,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°14

Tabla 59: ¿Siente que el ruido interrumpe su estudio y/o lectura?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	ligeramente	9	9,0	9,0	9,0
	moderadamente	30	30,0	30,0	39,0
	bastante	58	58,0	58,0	97,0
	extremadamente	3	3,0	3,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°15

Tabla 60: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que interrumpe su descanso o reposo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	7	7,0	7,0	7,0
	ligeramente	10	10,0	10,0	17,0
	moderadamente	24	24,0	24,0	41,0
	bastante	50	50,0	50,0	91,0
	extremadamente	9	9,0	9,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°16

Tabla 61: ¿Ha sentido la sensación de haber sufrido trauma acústico por causa del ruido?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	30	30,0	30,0	30,0
	ligeramente	45	45,0	45,0	75,0
	moderadamente	15	15,0	15,0	90,0
	bastante	10	10,0	10,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°17

Tabla 62: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que le genera irritabilidad?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	10	10,0	10,0	10,0
	ligeramente	23	23,0	23,0	33,0
	moderadamente	19	19,0	19,0	52,0
	bastante	37	37,0	37,0	89,0
	extremadamente	11	11,0	11,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°18

Tabla 63: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido dolor de cabeza?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	20	20,0	20,0	20,0
	ligeramente	24	30,0	30,0	50,0
	moderadamente	16	10,0	10,0	60,0
	bastante	40	40,0	40,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°19

Tabla 64: ¿A consecuencia del ruido usted ha sentido que ha disminuido su concentración?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	10	10,0	10,0	10,0
	ligeramente	12	12,0	12,0	22,0
	moderadamente	39	39,0	39,0	61,0
	bastante	29	29,0	29,0	90,0
	extremadamente	10	10,0	10,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pregunta N°20

Tabla 65: ¿A consecuencia del ruido usted se ha sentido estresado?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	7	7,0	7,0	7,0
	ligeramente	17	17,0	17,0	24,0
	moderadamente	22	22,0	22,0	46,0
	bastante	46	46,0	46,0	92,0
	extremadamente	8	8,0	8,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

ANEXO 11. ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Figura 54: Medición de la distancia con un flexómetro



Figura 55: Ubicación de puntos para elaboración de mapa de ruido



Figura 56: Monitoreo de ruido durante los trabajos de conformación de base granular



Figura 57: Monitoreo de ruido durante trabajos de excavación para sardinel en veredas



Figura 58: Monitoreo de ruido durante los trabajos de compactación de base granular



Figura 59: Monitoreo de ruido durante los trabajos de acabado en veredas



Figura 60: Monitoreo de ruido de motoniveladora



Figura 61: Monitoreo de ruido de rotomartillo



Figura 62: Monitoreo de ruido de volquete



Figura 63: Monitoreo de ruido durante trabajos de encofrado de sardinel



Figura 64: Monitoreo de ruido de minicargador



Figura 65: Monitoreo de ruido de la apisonadora



Figura 66: Monitoreo de ruido de cargador frontal



Figura 67: Monitoreo de ruido de mezcladora de concreto



Figura 68: Monitoreo de ruido de autohormigonera



Figura 69: Monitoreo de ruido de retroexcavadora



Figura 70: Monitoreo de ruido de cortadora de concreto



Figura 71: Monitoreo de ruido de vibradora de concreto

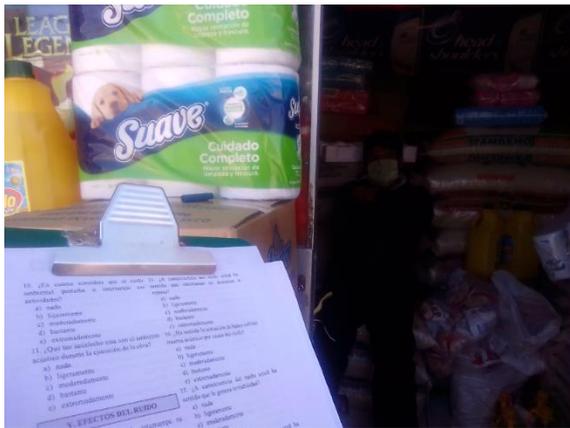


Figura 72: Encuesta realizada a los moradores en tiendas comerciales



Figura 73: Encuesta realizada en locales de venta de ladrillos

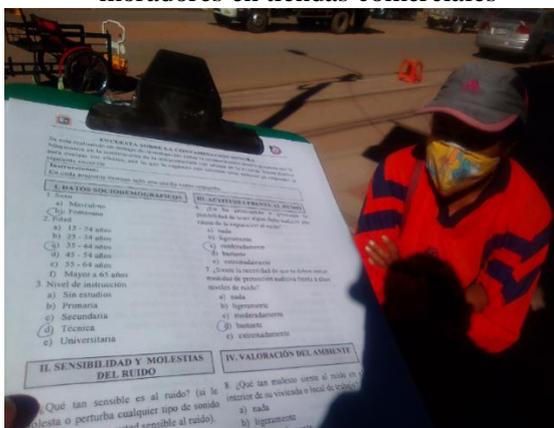


Figura 74: Encuesta realizada en locales de venta de yeso



Figura 75: Encuestas realizadas en locales de venta de medicamentos



Figura 76: Encuestas realizadas en tienda de repuesto de automóviles



Figura 77: Encuestas realizadas en tienda de abarrotes en general

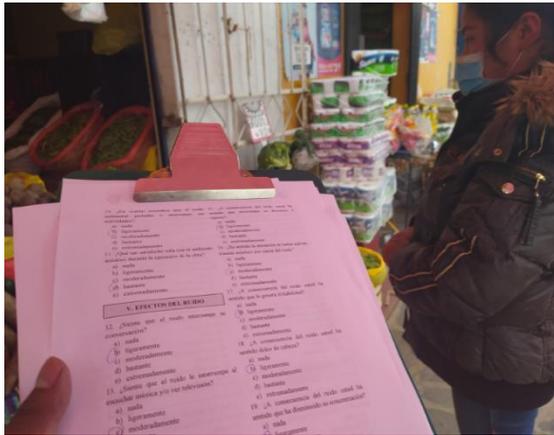


Figura 78: Encuesta realizada a los comerciantes de venta de abarrotes



Figura 79: Encuesta realizada a los comerciantes ambulantes



Figura 80: Encuesta realizada a los comerciantes de venta de productos de limpieza



Figura 81: Encuestas realizadas a los comerciantes de venta de frutas



Figura 82: Encuestas realizadas en tiendas de venta de materiales de construcción



Figura 83: Encuestas realizadas a comerciantes de venta de producto alimenticios



Figura 84: Encuesta realizada a ambulantes de la zona



Figura 85: Encuesta realizada a comerciantes de venta de productos alimenticios



Figura 86: Encuesta realizada en locales de venta de frutas en general



Figura 87: Encuestas realizadas a comerciantes de venta de productos lácteos



Figura 88: Encuestas realizadas a la población residente y moradora de la zona

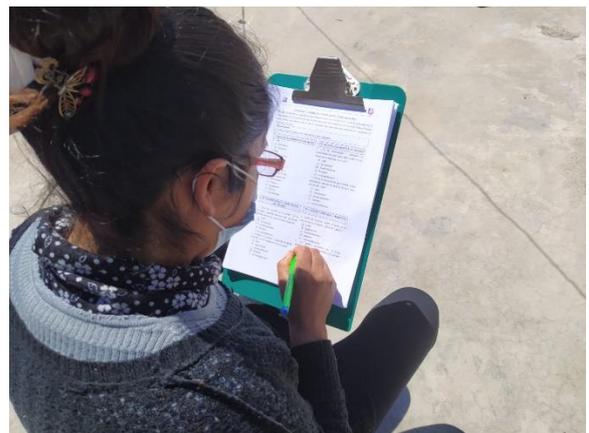


Figura 89: Encuestas realizadas en tienda de abarrotes en general



ANEXO 12. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
Laboratorio de calibración de instrumentos de medición

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

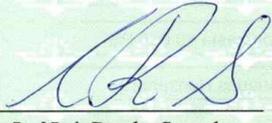
Código del certificado
EL - 488 - 2019

1 de 3

<p>Fecha de calibración: 2019-03-30</p> <p>Instrumento de medida: SONÓMETRO</p> <p>Marca: PRASEK</p> <p>Modelo: PR-352</p> <p>Serie N°: H145144583</p> <p>Intervalo de indicación: 30 dB a 80 dB, 50 dB a 100 dB, 60 dB a HOdB, 80 dB a 130 dB</p> <p>Resolución: 0,1 dB</p> <p>Código de identificación: No indica</p> <p>Solicitante: GRUPO GIHOWI EJECUTORES Y CONSULTORES S.A.C.</p> <p>Dirección solicitante: Jr. San Gerónimo Nro. 206 Union Llavini, Puno - Puno.</p> <p>Expediente: E2580-4044A-2019</p> <p>Lugar de calibración: Laboratorio de Electricidad, de LO JUSTO S.A.C.</p> <p>Número de páginas: 03 Pag.</p>	<p>Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el instrumento u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.</p> <p>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.</p> <p>Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del instrumento. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.</p> <p>LO JUSTO S.A.C. 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.</p> <p>El certificado de calibración es un documento de interés público. su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.</p> <p>El certificado de calibración no es válido sin la firma de alguno de los siguientes: Gerente General, Gerente de Operaciones. Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.</p>
--	---

Revisado: Arequipa, 01 de Abril de 2019





José Luis Rosales Saavedra
Supervisor de Operaciones
LO JUSTO S.A.C.



Etiqueta calibración N° 61803

Jr. Huánuco N° 204 – Semí Rural Pachacutec – Cerro Colorado – Arequipa – Perú
lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com

ISO / IEC 17025
S 077048

Código del
certificado
EL - 488 - 2019

2 de 3

ISO / IEC 17025

Procedimiento de medida:

- Procedimiento de calibración "PC-AC-01 para la Calibración de Sonómetros", Edición 1. (2017)

Instrumentos empleados:

Termohigrómetro marca ETI Ltd., con del certificado de calibración TE-160-2019.
Sonómetro CEM DT-8851, con certificado de calibración LAC-033-2019.
Calibrador para nivel de sonido Extech 407766
Manómetro de presión absoluta, con certificado de calibración LFP-163-2019.

Condiciones Ambientales

Temperatura Ambiente promedio 22,1 °C ± 0,5 °C
Humedad Relativa promedio 40,9 % ± 2,6 %
Presión Atmosférica promedio 773,2 mbar ± 0,5 mbar

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Ponderación frecuencial A con Ponderación temporal F

Frecuencia Hz	Nivel Esperado dB	Nivel Leído dB	Corrección a aplicar dB	Incertidumbre U(k=2) dB
1000	94,0	94,0	0,0	0,4
1000	114,0	114,0	0,0	0,4

Ponderación frecuencial C con Ponderación temporal F

Frecuencia Hz	Nivel Esperado dB	Nivel Leído dB	Corrección a aplicar dB	Incertidumbre U(k=2) dB
1000	94,0	94,1	-0,1	0,5
1000	114,0	113,9	0,1	0,5

LO JUSTO S.A.C.
2019-04-01

S 077049



Código del
certificado
EL - 488 - 2019

3 de 3

ISO/IEC 17025

Notas y aclaraciones:

- La incertidumbre expandida de la medición se obtuvo 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 el 95 %.
- Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- Si por el tipo de uso del instrumento de medición no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto: $U = U_i \text{ máx} + |C \text{ máx}|$
- Se colocó al instrumento una etiqueta de color blanco brillante identificada con el N° 61803 en señal de su calibración.

◆◆◆ FIN DEL DOCUMENTO ◆◆◆

LO JUSTO S.A.C.
2019-04-01

S 077050



CERTIFICADO DE OPERACION

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Gps Garmin Etrex 10
Saturday, January 4, 2020

Estimado Cliente
nos complace otorgar la presente certificado de calibracion que usted ha decidido
adquirir en nuestra empresa . De igual forma deseamos agradecer la confianza que nos
brinda para formar parte de su actividad diaria.

Nuestra empresa le brinda el certificado de operatividad y calibracion del: **Gps Garmin
Etrex 10**

Garantizando asi el funcionamiento correcto

Nuestra Empresa garantiza el equipo antes descrito por una garantia de : 1 AÑO (12
MESES) a partir de la fecha de puesta en marcha por personal capacitado.

Percy Guerrero : Cel. 999033365 - 959354677
Integrasat Soluciones Center SRL , Ruc : 20455256357
Lima : Av. Nicolas Arriola 314, almacen 402 (La Victoria) , Ref. Cruce de
Javier Prado con Arriola
Arequipa : Calle Rivero 107 almacen 202 por mercaderes o al costado de estilos

Otros Locales: Trujillo Puno Cajamarca - Piura -Tumbes - Ica - Chiclayo - Ayacucho- Tacna - Cusco
Datos de Vendedor Percy Guerrero - Cel . 999033365 - 959354677

-BCP SOLES: Cuenta Corriente 215-2050250-0-12 : Código interbancario: CCI: 00221500205025001225
-BCP DOLARES: Cuenta Corriente 215-2295979-1-31 Código interbancario: CCI 00221500229597913124
-CONTINENTAL SOLES Cuenta Corriente : 0011-0220-0100139924-13
BANCO DE LA NACION : Cuenta de detracción : 101-193241



ANEXO 13. NORMA TECNICA PERUANA NTP – ISO 1996-1

NORMA TECNICA
PERUANA

NTP-ISO 1996-1
1 de 36

ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación

1. OBJETO

Esta parte de la NTP-ISO 1996 define los índices básicos a ser utilizados para describir el ruido en los ambientes comunitarios y describe los procedimientos de evaluación básicos. También especifica los métodos para evaluar el ruido ambiental y proporciona orientación en la predicción de la respuesta de una comunidad a la molestia potencial de la exposición a largo plazo de varios tipos de ruidos ambientales. Las fuentes de sonido pueden estar separadas o en varias combinaciones. La aplicación del método para predecir la respuesta a la molestia está limitada a espacios donde residen personas y a los usos relacionados a largo plazo de la tierra.

La respuesta de la comunidad al ruido puede variar de manera distinta entre fuentes de sonido que se observa que tienen los mismos niveles acústicos. Esta parte de la NTP-ISO 1996 describe las correcciones para sonidos que tienen características diferentes. El término "nivel de valoración" es utilizado para describir predicciones o mediciones físicas fidedignas a las cuales una o más correcciones se han adicionado. Sobre la base de estos niveles de valoración, puede ser estimada la respuesta a largo plazo de una comunidad.

Los sonidos se evalúan ya sea solos o en combinación, permitiendo la consideración, cuando las autoridades responsables lo juzguen necesario, de las características especiales de su impulsividad, tonalidad y contenido de baja frecuencia, y para las diferentes características de ruido de tránsito vehicular, otras formas de ruido de transporte (como ruido de aeronaves) y el ruido industrial.

Esta parte de la NTP-ISO 1996 no especifica los límites para el ruido ambiental.

NOTA 1: En acústica, varias medidas físicas diferentes que describen el sonido pueden tener su nivel expresado en decibeles (por ejemplo la presión sonora, la presión sonora máxima, la presión sonora continua equivalente). Los niveles que corresponden a estas mediciones físicas, normalmente diferirán para el mismo sonido. Esto lleva a menudo a confusión. Por consiguiente, es necesario



especificar la cantidad física subyacente (por ejemplo el nivel de presión sonora, nivel de presión sonora máxima, nivel de presión sonora continua equivalente).

NOTA 2: En esta parte de la NTP-ISO 1996, se expresan los índices como niveles en decibeles. Sin embargo, algunos países válidamente expresan la cantidad física subyacente, como la presión sonora máxima en pascales, o exposición sonora en pascales al cuadrado segundos.

NOTA 3: La ISO 1996-2 trata sobre la determinación de niveles de presión sonora.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes Normas de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias fechadas, sólo aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, aplica la última edición del documento referido (incluyendo cualquier enmienda).

Normas técnicas internacionales

- 2.1 IEC 61672-1:2002 Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones ¹⁾

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones.

3.1 Expresión de niveles

NOTA: Para los niveles definidos del 3.1.1 al 3.1.6, la ponderación en frecuencia o ancho de banda en frecuencia según sea aplicable, debe ser especificada, además la ponderación en el tiempo, si es aplicable, debe ser especificada.

3.1.1 Nivel de presión sonora ponderada en el tiempo y en la frecuencia

¹⁾ Revisión amalgamada de IEC 60651 y IEC 60804.



Es diez veces el logaritmo en base 10 del cuadrado de la razón de la raíz media cuadrática de la presión sonora dada, a una presión sonora de referencia, siendo obtenidas con una ponderación en frecuencia y tiempo normados.

NOTA 1: La presión sonora de referencia es de 20 μ Pa.

NOTA 2: La presión sonora es expresada en pascales (Pa).

NOTA 3: Las ponderaciones normadas en frecuencia son la ponderación A y la ponderación C, como está especificado en la IEC 61672-1, y las ponderaciones normadas en tiempo son la ponderación F y la ponderación S, según lo especificado en IEC 61672-1.

NOTA 4: El nivel de presión sonora ponderado en el tiempo y en la frecuencia se expresa en decibeles (dB).

3.1.2 Nivel de presión sonora máxima ponderado en el tiempo y frecuencia

Es el mayor nivel de presión sonora ponderado en el tiempo y en la frecuencia dentro de un intervalo de tiempo determinado.

NOTA: El nivel de presión sonora máximo, ponderado en tiempo y en frecuencia, se expresa en decibeles (dB).

3.1.3 Nivel percentil estadístico

Es el nivel de presión sonora ponderado en el tiempo y en la frecuencia, que es excedido en N % del intervalo del tiempo considerado.

Ejemplo: $L_{AF95,1h}$ es el nivel de presión sonora, con ponderación en frecuencia A y con ponderación en el tiempo F, excedido en el 95 % de 1 h.

NOTA: El porcentaje N , del nivel de excedencia, está expresado en decibeles (dB).

3.1.4 Nivel de presión sonora pico

Es diez veces el logaritmo en base 10 de la razón del cuadrado de la presión sonora pico al cuadrado de la presión sonora de referencia, donde la presión sonora pico es el valor máximo absoluto de la presión sonora instantánea durante un intervalo de tiempo determinado con una ponderación en frecuencia normada o ancho de banda de medición.

NOTA 1: El nivel de presión sonora pico se expresa en decibeles (dB).

NOTA 2: El nivel de presión sonora pico debería ser determinado con un detector como esta definido en la IEC 61672. Ésta solamente especifica la precisión de un detector usando la ponderación C.

3.1.5 Nivel de exposición sonora

Es diez veces el logaritmo en base 10 de la razón de la exposición sonora, E , con la exposición sonora referencial, E_0 , siendo la exposición sonora la integral de tiempo del cuadrado de la variación de tiempo ponderada en frecuencia de la presión sonora instantánea sobre un intervalo de tiempo determinado, T , o un evento.

NOTA 1: E_0 es igual al cuadrado de la presión sonora referencial de 20 μPa , multiplicado por el intervalo de 1 s [$400 (\mu\text{Pa})^2\text{s}$]

$$L_E = 10 \log \left(\frac{E}{E_0} \right) \text{ dB}$$

donde

$$E = \int_T p^2(t) dt \text{ dB}$$

NOTA 2: El nivel de exposición sonora está expresado en decibeles (dB).

NOTA 3: La exposición sonora está expresada en pascales al cuadrado segundo (Pa^2s).

NOTA 4: La duración, T , de la integración está implícitamente incluida en la integral del tiempo y no necesita ser explícitamente reportada. Para mediciones de exposición sonora sobre un intervalo de tiempo especificado, la duración de la integración debería ser reportada y la notación debería ser L_{ET} .

NOTA 5: Para los niveles de exposición sonora de un evento, la naturaleza del mismo debería ser declarada.

3.1.6 Nivel de presión sonora continuo equivalente

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el cuadrado de la presión sonora cuadrática media durante un intervalo de tiempo determinado y la presión sonora de referencia, donde la presión sonora se obtiene con una ponderación en frecuencia normalizada.

NOTA 1: El nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A es

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int p_A^2(t) / p_0^2 dt \right] \text{ dB}$$

donde

$p_A(t)$ es la presión sonora instantánea ponderada A, a lo largo de un tiempo variable t ;
 p_0 es la presión sonora referencial (igual a 20 μPa).

NOTA 2: El nivel de presión sonora continuo equivalente está expresado en decibeles (dB)

NOTA 3: El nivel de presión sonora continuo equivalente también es denominado el "nivel de presión sonora promediado en el tiempo".

3.2 Intervalos de tiempo

3.2.1 Intervalo de tiempo referencial

Es el intervalo de tiempo en el cual es referida la calificación del sonido.

NOTA 1: El intervalo de tiempo referencial puede especificarse en normas nacionales o internacionales o por las autoridades locales para cubrir actividades humanas típicas y variaciones en la operación de fuentes de sonido. Los intervalos de tiempo referenciales pueden ser parte, por ejemplo, de un día, el día completo, o una semana completa. Algunos países definen intervalos de tiempo referencial más largos.

NOTA 2: Se pueden especificar diferentes niveles o conjunto de niveles para diferentes intervalos de tiempo referenciales.

3.2.2 Intervalo de tiempo de periodo largo

Es el intervalo de tiempo especificado sobre cual el sonido de una serie de intervalos de tiempo referenciales es promediado o evaluado.

NOTA 1: El intervalo de tiempo de periodo largo es determinado con el propósito de describir el ruido ambiental como es designado generalmente por las autoridades responsables.

NOTA 2: Para las evaluaciones de periodo largo y planificación de uso de zonificación, deberían ser utilizados intervalos de tiempo de periodo largo que representen alguna fracción significativa de un año (por ejemplo 3 meses, 6 meses, 1 año).



ANEXO 14. NORMA TECNICA PERUANA NTP – ISO 1996-2

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP-ISO 1996-2
1 de 63

ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental

1. ALCANCE

Esta parte de la NTP-ISO 1996 describe cómo los niveles de presión sonora pueden ser determinados por mediciones directas, por extrapolación de resultados de mediciones por medio de cálculos, o exclusivamente por cálculos, previstos como básicos para la evaluación del ruido ambiental. Las recomendaciones están dadas en relación con condiciones preferibles para la medición o cálculo para ser aplicados en casos o en dónde otras regulaciones no aplican. Esta parte de la NTP/ISO 1996 puede ser usada para medir con cualquier ponderación en frecuencia o en cualquier banda de frecuencia. Se suministra una guía para evaluar la incertidumbre de los resultados de una evaluación de ruido.

NOTA 1: Como esta parte de la NTP/ISO 1996 trata con mediciones bajo las condiciones de operación reales, no hay relaciones entre esta parte de la NTP/ISO 1996 y otros estándares ISO, especificando mediciones de emisión bajo condiciones específicas de operación.

NOTA 2: Con el propósito de generalizar, la ponderación en frecuencia y tiempo han sido omitidas a lo largo de esta parte de la NTP/ISO 1996.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes Normas de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias fechadas, sólo aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, aplica la última edición del documento referido (incluyendo cualquier enmienda).



2.1 Norma Técnica Peruana

NTP-ISO 1996-1:2007 *Acústica – Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental – Parte 1: Índices básicos y procedimientos de evaluación*

2.2 Normas Técnicas Internacionales

2.2.1 ISO 7196:1995 *Acústica – Características de ponderación en frecuencia para mediciones de infrasonidos*

2.2.2 IEC 60942:2003 *Electroacoustics – Sound calibrators*

2.2.3 IEC 61260:1995 *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave band filters*

2.2.4 IEC 61672-1:2002 *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

2.2.5 Guía para la expresión de incertidumbres en las mediciones (GUM) BIPM/IEC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML, 1993 (corregida y reimpressa, 1995)

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de esta NTP se aplican, los términos y definiciones dados en la NTP-ISO 1996-1 y los siguientes.

3.1 **intervalo de tiempo de medición:** Es el intervalo de tiempo durante el cual es realizada una sola medición.



ANEXO B
(INFORMATIVO)

POSICIONES DEL MICRÓFONO RELATIVAS A
SUPERFICIES REFLECTANTES

B.1 Posición de campo libre

Esta es una posición donde no hay superficies reflectantes a excepción del suelo, bastante cercano para influenciar el nivel de presión sonora. La distancia del micrófono a cualquier superficie reflectante del sonido, aparte del suelo, será por lo menos dos veces la distancia desde el micrófono a la parte dominante de la fuente sonora.

NOTA: Se pueden hacer excepciones para pequeñas superficies reflectantes del sonido, cuando pueda ser demostrado que la reflexión tiene un efecto insignificante. Esto se puede basar en cálculos que consideren las dimensiones principales de la superficie reflectante y la longitud de onda.

B.2 Micrófono directamente en la superficie

Conforme con las restricciones y a los requisitos considerados más abajo, esta posición tiene como objetivo alcanzar un incremento bien definido de +6 dB del nivel de presión sonora del sonido incidente (nivel de "campo libre").

Esta posición está sobre una superficie reflectante y el sonido directo y reflejado está en fase debajo de cierta frecuencia, f . Para el ruido de banda ancha de tránsito, con sonido incidente desde muchos ángulos, f es cerca de 4 kHz para un micrófono con un diámetro de 13 milímetros montado sobre una superficie reflectante. Esta posición debe evitarse si el sonido llega predominante con una incidencia rasante.

La fachada dentro de una distancia de 1 m del micrófono, deberá ser plana dentro de $\pm 0,05$ m. La distancia desde el micrófono a los bordes de la pared de la fachada será mayor que 1 m. El micrófono se puede montar según las indicaciones de la figura B.1 o con la membrana del micrófono nivelada con la superficie de la placa de montaje. La placa no

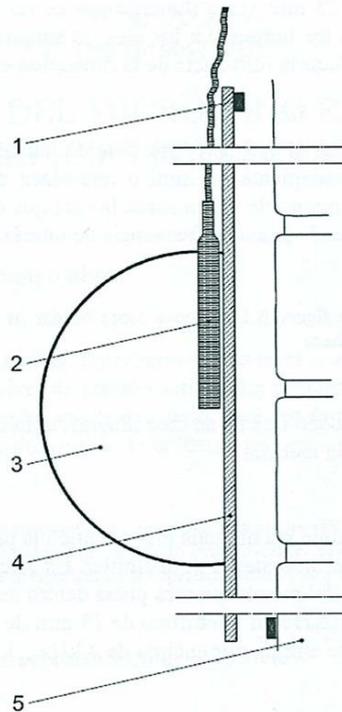
debe ser más gruesa que 25 mm y sus dimensiones de no menos de 0,5 m x 0,7 m . La distancia del micrófono a los bordes y a los ejes de simetría de la placa de montaje será mayor que 0,1 m, para reducir la influencia de la difracción en los bordes de la placa.

La placa deberá ser un material acústico duro y rígido, tal como un aglomerado pintado de más espesor que aproximadamente 19 mm, o una placa de aluminio de 5 mm con un material resiliente de un mínimo de 3 mm sobre la cara que enfrenta la pared, para evitar la absorción y la resonancia en la gama de frecuencia de interés.

NOTA: La placa en la figura B.1 se apoya sobre bandas de resiliente flexible, para compensar irregularidades de la fachada

Se debe tener especial cuidado que no se cree ningún ruido aerodinámico *disturbante* entre la placa y la superficie de la fachada.

Se puede utilizar el micrófono sin ninguna placa cuando la pared está hecha de concreto, de piedra, de cristal, madera o un material duro similar. En este caso, la superficie de la pared dentro de un radio de 1 m del micrófono será plana dentro de $\pm 0,01$ m. Para mediciones en banda de octava, debe utilizarse un micrófono de 13 mm de diámetro, o aún más pequeño. Si la gama de frecuencia se amplía por encima de 4 kHz , debe utilizarse un micrófono de 6 mm .



Referencias

- 1 tira resiliente
- 2 micrófono
- 3 pantalla antiviento
- 4 placa de montaje
- 5 pared o superficie reflectante

FIGURA B.1 – Montaje del micrófono en superficie reflectante

B.3 Micrófono cercano a la superficie reflectante

Conforme a las restricciones y a los requisitos comentados más abajo, esta posición tiene como objetivo alcanzar un incremento bien definido de +3 dB del nivel de presión sonora del sonido incidente (nivel de “campo libre”).

Cuando el micrófono está a una distancia de una superficie reflectante, el sonido directo y el reflejado son igualmente intensos y, cuando la banda de frecuencia considerada es suficientemente amplia, la reflexión causa una duplicación de la energía del campo directo y un incremento de 3 dB en el nivel de presión sonora.

La fachada deberá ser plana dentro de $\pm 0,3$ m, y el micrófono no deberá ser colocado en posiciones donde el campo sonoro esté influenciado por la reflexión múltiple del sonido entre las superficies protuberantes del edificio.

Las ventanas se consideraran como parte de la fachada. Estarán cerradas durante la medición, pero se permite una abertura pequeña para el cable del micrófono.

Los criterios en B.1 a B.3 aseguran que el nivel de presión sonora equivalente o máximo total medido se desvíe menos de 1 dB del nivel del sonido incidente, más 3 dB. Se distinguen dos casos; Véase la figura B.2:

- a) fuente extendida, es decir, el ángulo que abarca la fuente, α , es 60° o más;
- b) fuente puntual, es decir α es menor a 60° .

Para fuentes de banda estrecha o para mediciones de bandas de frecuencia, se recomienda el posiciones de campo libre de +6 dB.

La distancia desde el micrófono en el punto M, perpendicular a la superficie de reflexión, al punto O es d ; véase la figura B.2. El punto O se considera representativo de la posición del micrófono al determinar el ángulo de la visión, α . Las distancias a' y d' se miden a lo largo de la línea que divide del ángulo, α . M' es el punto de la línea divisoria a una distancia perpendicular, d , de la superficie reflectante.



Las distancias de punto O a los bordes más cercanos de la superficie reflectante son b (medidos horizontalmente) y c (medidos verticalmente). Para evitar efectos de borde en el rango de frecuencia incluidas las bandas de octava de 125 Hz a 4 kHz, se satisfacerán.

Los criterios en la ecuación (B.1) para la medición horizontal o en la ecuación (B.2) para la medición vertical.

$$b \geq 4d \quad (B.1)$$

$$a \geq 2d \quad (B.2)$$

El criterio en la ecuación (B.3) para una fuente extendida o la ecuación (B.4) para una fuente puntual, aseguran que los sonidos incidentes y reflejados sean igualmente fuertes.

$$d' \leq 0,1a' \quad (B.3)$$

$$d' \leq 0,05 a' \quad (B.4)$$

Los criterios enumerados en las ecuaciones (B.5) a (B.8) aseguran que el micrófono está colocado a una distancia suficiente de la región de +6 dB de la fachada.

- nivel de presión sonora de banda ancha, compensado A, para una fuente extendida, de acuerdo con la ecuación (B.5):

$$d' \geq 0,5 \text{ m} \quad (B.5)$$

- nivel de presión sonora de banda de octava, para una fuente extendida, de acuerdo con la ecuación (B.6):

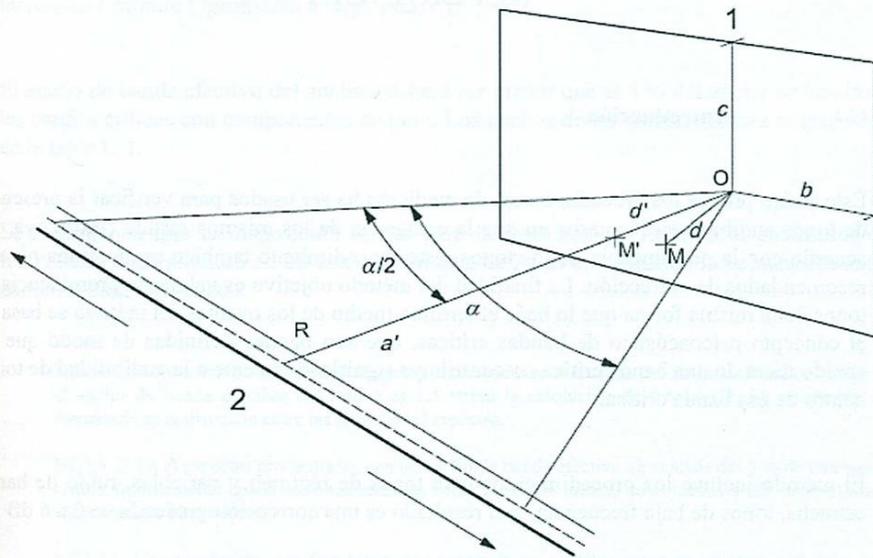
$$d' \geq 1,6 \text{ m} \quad (B.6)$$

- nivel de presión sonora de banda ancha, compensada A, para una fuente puntual, de acuerdo con la ecuación (B.7):

$$d' \geq 1,0 \text{ m} \quad (B.7)$$

- nivel de presión sonora de banda de octava, para una fuente puntual, de acuerdo con la ecuación (B.8):

$$d \geq 5,4 \text{ m} \quad (\text{B.8})$$



Referencias

- 1 fachada del edificio u otra superficie reflectante
- 2 fuente extendida
- M posición del micrófono
- d distancia perpendicular desde la posición del micrófono a la superficie de reflectante, O
- RO línea divisoria del ángulo, α

FIGURA B.2 – Micrófono cercano a una superficie reflectante



ANEXO 15. NORMA TECNICA NTP 270

NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos

Evaluation de l'exposition au bruit. Niveaux représentatifs
Noise exposition evaluation. Representative levels

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Antonio Gil Fisa
Licenciado en Ciencias Económicas

Pablo Luna Mendaza
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Objetivo

El objetivo de esta Nota Técnica es facilitar una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, representativo de las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico, de acuerdo con las condiciones señaladas en el Real Decreto 1316/1989 de 27 de Octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Estudio previo

Debe incluir:

- Identificación de todos los puestos de trabajo susceptibles de ser evaluados, exceptuando aquellos cuyo nivel diario equivalente y nivel de pico sean manifiestamente inferiores a 80 dBA y/o 140 dB respectivamente. No se excluirán de la evaluación aquellos puestos en los que existan dudas razonables al respecto.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.
- Descripción del ciclo de trabajo, esto es, el mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del individuo que ocupa dicho puesto.
- El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permitirá, en ocasiones, establecer grupos homogéneos de puestos cuya exposición sea equivalente. Esto puede simplificar el número de mediciones a realizar, extrapolando los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo el grupo homogéneo.

Tipos de ruido

Ruido estable

Aquéi cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} sea inferior a 5 dB.

Ruido periódico

Aquéi cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

Ruido aleatorio

Aquéi cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del



tiempo.

Ruido de Impacto

Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

Instrumentos de medición

Sonómetros

Podrán emplearse únicamente para la medición de L_{pA} cuando el ruido sea estable. La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (L_{Aeq}).

Deben ajustarse a las prescripciones establecidas por la norma CEI-651 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2".

La medición se efectuará con la característica "SLOW" ponderación frecuencial A, procurando apuntar con el micrófono a la zona donde se obtenga mayor lectura, a unos 10 cm de la oreja del operario, y, si es posible, apartando a dicho operario para evitar apantallamientos con su cuerpo.

Sonómetros integradores-promediadores

Podrán emplearse para la medición del L_{Aeq} de cualquier tipo de ruido, siempre que se ajusten a las prescripciones establecidas por la norma CEI-804 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2".

Las mediciones se efectuarán con las precauciones mencionadas en el apartado anterior.

Dosímetros

Podrán ser utilizados para la medición del L_{Aeq} , de cualquier tipo de ruido, siempre que cumpla como mínimo las prescripciones establecidas en la norma CEI-651 y CEI-804 para los instrumentos del "tipo 2".

En general, se considerará un error de ± 1 dB cuando se utilicen instrumentos del "tipo 2" y ningún error instrumental cuando el aparato sea del "tipo 1".

Metodología de evaluación

Ruido estable

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente en el apartado 4, realizando como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq,T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas en el apartado 4 y se obtendría directamente el $L_{Aeq,T}$. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como $L_{Aeq,T}$ la media aritmética de ellas.

Ruido periódico

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el apartado 4. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El $L_{Aeq,T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

Método directo



2. **Limpieza de piezas con aire comprimido:** Al tratarse de un ruido aleatorio, se efectuó un medición del nivel equivalente durante todo el subciclo, obteniéndose un $L_{Aeq,T2}$ de 100 dBA.
3. **Transporte de piezas:** Se efectuaron 3 mediciones del nivel equivalente, obteniendo un $L_{Aeq,T3}$ de 80 dBA.
4. **Nivel diario equivalente:** Mediante la aplicación de la expresión (1) se obtiene:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \frac{1}{85} (70 \times 10^{0.1 \times 93} + 10 \times 10^{0.1 \times 100} + 5 \times 10^{0.1 \times 80}) = 94,5 \text{ dBA},$$

y, mediante la aplicación de la expresión (2), obtenemos:

$$L_{Aeq,d} = 94,5 + 10 \lg (7,5/8) = 94,2 \text{ dBA}$$

Muestreo de ciclos de trabajo

Debido a que los niveles de ruido varían de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas, siempre podrá efectuarse una estimación del $L_{Aeq,T}$, así como un intervalo de confianza alrededor de este valor, mediante la metodología expuesta en el apartado 6.

Evaluación del $L_{Aeq,d}$ por muestreo

El método expuesto a continuación permite estimar, a partir de un cálculo realizado en un número limitado de muestras prefijadas al azar, el valor probable de $L_{Aeq,d}$, así como el intervalo de confianza alrededor de este valor.

Este método se realizará necesariamente en las circunstancias que se han descrito anteriormente y opcionalmente en cualquier caso.

Elección del momento de la medición

Este método exige que las mediciones se efectúen de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diversos

ciclos de trabajo, la elección de los ciclos en los que efectuaremos las mediciones se llevará a cabo mediante la utilización de una tabla de números aleatorios.

Si el periodo en el cual el ruido es aleatorio no corresponde a la totalidad de la jornada laboral, sino que se trata de un subciclo de trabajo, se deberá elegir también de forma aleatoria el momento de la medición.

En el caso en que el ruido aleatorio abarque la totalidad de la exposición del trabajador, la tabla 1 proporciona directamente el día y la hora de la jornada en que se debe efectuar la medición, teniendo en cuenta que la hora real de aplicación estará en función de la hora de inicio de la jornada laboral.



ANEXO 16. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 270

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP-ISO 9612
1 de 66

ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana especifica un método de ingeniería que permite medir la exposición al ruido de los trabajadores en un ambiente de trabajo y calcular el nivel de exposición al ruido. Esta Norma Técnica Peruana trata de los niveles ponderados A, pero también es aplicable a los niveles ponderados C. Se especifican tres estrategias diferentes para la medición. El método es útil cuando se requiere determinar la exposición al ruido con grado de ingeniería, por ejemplo, para estudios detallados de exposición al ruido o estudios epidemiológicos de daños auditivos u otros efectos adversos.

El proceso de medición requiere la observación y el análisis de las condiciones de exposición al ruido, de manera que pueda ser controlada la calidad de las mediciones. Esta Norma Técnica Peruana proporciona métodos que permiten estimar la incertidumbre de los resultados.

Esta Norma Técnica Peruana no está destinada a la evaluación del enmascaramiento de la comunicación oral ni a la evaluación de los efectos de los infrasonidos, de los ultrasonidos o de los efectos no auditivos del ruido. No se aplica a la medición de la exposición al ruido del oído cuando se usan protectores auditivos.

Los resultados de las mediciones realizadas de acuerdo con esta Norma Técnica Peruana, pueden aportar información útil cuando se definen las prioridades para las medidas de control de ruido.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las Normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de ésta, las referencias actualizadas, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias no fechadas, se aplica la última edición de la Norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP-ISO 9612
2 de 66

ISO 1999	<i>Acústica- Determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación del daño auditivo inducido por el ruido.</i>
Guía ISO/IEC 98-3	<i>Incertidumbre de medición. Parte 3: Guía para la expresión de la incertidumbre de medición (GUM:1995).</i>
IEC 60942:2003	<i>Electroacústica- Calibradores acústicos.</i>
IEC 61252	<i>Electroacústica- Especificaciones de los dosímetros acústicos individuales.</i>
IEC 61672-1:2002	<i>Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones.</i>

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

3.1 Nivel de presión sonora promediado en el tiempo ponderado A

$$L_{p,A,T}$$

Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

$$L_{p,A,eqT}$$

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente del promedio temporal del cuadrado de la presión sonora con ponderación A, p_A , durante un intervalo de tiempo indicado de duración T (comenzando en t_1 y finalizando en t_2), y el cuadrado de un valor de referencia, p_0 , expresado en decibeles

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB} \quad (1)$$

donde el valor de referencia, p_0 , es 20 μPa .

NOTA Adaptado del Informe Técnico NTP-ISO/TR 25417:2009 ^[9]

3.2 Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado para una jornada laboral de 8 h; nivel diario de exposición al ruido

$$L_{EX,8h}$$

<Ruido laboral> nivel, en decibeles, dado por la ecuación:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \text{ dB} \quad (2)$$

donde

L_{p,A,eqT_e} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para T_e ;

T_e es la duración efectiva, en horas, de la jornada laboral;

T_0 es la duración de referencia, $T_0 = 8$ h.

NOTA 1 Si la duración efectiva de la jornada laboral, T_e , es igual a 8 h, entonces $L_{EX,8h}$ es igual a $L_{p,A,eq,8h}$.

NOTA 2 Si se desea conocer la exposición media o normalizada de varios días, se puede utilizar la ecuación (3):

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{X} \sum_{x=1}^X 10^{0,1 \times L_{EX,8h,x}} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

El valor de X se escoge de acuerdo al propósito del proceso de promediar. Por ejemplo, $X=5$ lleva a un nivel diario de exposición al ruido normalizado a una semana laboral de 5 días laborables de 8 h.

NOTA 3 Esta definición difiere de la dada en el Informe Técnico NTP-ISO/TR 25417:2009^[9].

3.3 Jornada laboral

Es el día laborable sobre la cual se determina la exposición al ruido.

NOTA 1 El día laboral se determina a partir del análisis del trabajo y depende del propósito de las mediciones. Por ejemplo, se puede tratar de una jornada tipo que representa el trabajo realizado en varios días o de un día de trabajo con la exposición al ruido más alta. Ver también el apartado 7.3.

NOTA 2 El nivel de exposición al ruido se calcula generalmente sobre una base diaria, pero en determinadas circunstancias, se considera adecuado el uso de periodos de exposición al ruido semanales o más largos.

3.4 Nivel de presión sonora de pico con ponderación C, $L_{p,C,pico}$:

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el cuadrado de la presión sonora pico con ponderación C , $p_{C,pico}$, y el cuadrado de un valor de referencia, p_0 , expresado en decibeles.

$$L_{p,C,pico} = 10 \lg \frac{p_{C,pico}^2}{p_0^2} \text{ dB} \quad (4)$$



donde el valor de referencia, p_0 , es 20 μPa .

3.5 Tarea

<Ruido laboral> Parte determinada parte de la actividad profesional de un trabajador
La figura 1 ilustra la jerarquía de las funciones y tareas.

3.6 Trabajo

< Ruido laboral > Actividad profesional global que desempeña un trabajador, consistente en todas las tareas realizadas por el trabajador durante una jornada laboral completa o un turno de trabajo completo.

NOTA Un trabajador/a a menudo tiene una identificación de función que describe su trabajo, a veces complementado por una descripción adicional para garantizar una clara identificación, por ejemplo "soldador - línea de proceso A"



ANEXO F

(INFORMATIVO)

Cálculo demostrativo del nivel diario de exposición al ruido utilizando mediciones de una jornada completa

F.1 General

Este anexo contiene un ejemplo de uso de la estrategia de medición de la jornada completa especificada en el capítulo 11 en la determinación del nivel diario de exposición al ruido.

El ejemplo muestra la aplicación de la estrategia para determinar la exposición al ruido de conductores de motoelevadoras, que trabajan en una empresa de fabricación y almacenamiento de cables.

F.2 Etapa 1: Análisis de trabajo

El trabajo de los conductores de motoelevadoras implica el transporte de las materias primas y del producto acabado dentro y entre las zonas de producción, almacenamiento y expedición del lugar de trabajo. El trabajo de los conductores puede variar dependiendo de las instrucciones de sus supervisores. Las motoelevadoras se pueden conducir sobre una variedad de superficies, no cargadas, parcialmente cargadas o completamente cargadas. Los conductores pasan una gran parte del día dentro de las cabinas de las motoelevadoras, pero tienen que abandonarlas periódicamente para ayudar en la carga y descarga, para hablar sobre el trabajo con los compañeros y los supervisores, etc. Las motoelevadoras están equipadas con alarmas sonoras de marcha atrás, cuyo uso es obligatorio.

Hay tres conductores de motoelevadoras. Trabajan en turnos de 10 h, que incluye tres pausas de 20 min, 45 min y 20 min, respectivamente. Las dos pausas más cortas se hacen en cualquier lugar adecuado dentro del lugar de trabajo en el momento que el conductor desee. La pausa más larga se realiza a una hora fija en el comedor habilitado para el personal. La duración efectiva de la jornada laboral es por lo tanto de 9,25 h.

Una descripción de las actividades profesionales se realizó mediante la observación y se confirmó por medio de conversaciones con los conductores y sus supervisores. Se consideró que los tres conductores de motoelevadoras formaban un grupo de exposición homogéneo al ruido (ver 7.2).



F.3 Etapa 2: Selección de una estrategia

Debido a la relativa complejidad e imprevisibilidad de las pautas de trabajo, se consideró la estrategia de la medición de la jornada completa como la más adecuada.

F.4 Etapa 3: Mediciones

F.4.1 Plan de medición

Inicialmente, se realizó una medición de una jornada completa a cada uno de los conductores.

Se instalaron dosímetros sonoros personales, correctamente calibrados, a cada uno de los conductores al inicio del turno de trabajo. Se informó a los conductores del funcionamiento del instrumento de medición y se les pidió trabajar normalmente, de no tocar o interferir con el micrófono o el instrumento de medición y de intentar evitar cualquier contacto involuntario con el micrófono e intentar evitar cualquier conversación innecesaria o gritos durante el turno de trabajo.

Los dosímetros sonoros personales se dejaron activos durante las dos pausas cortas; en este caso, la exposición al ruido durante la pausa del almuerzo se consideró como irrelevante, y el técnico responsable de las mediciones puso los dosímetros en modo de “pausa”.

Al final del turno de trabajo se retiraron los dosímetros sonoros personales y se realizaron los procedimientos apropiados de calibración.

Debido a la necesidad de disponer de tiempo al principio y al final de los turnos de trabajo para la instalación y la retirada del instrumento y de instruir a los conductores, la duración de medición fue ligeramente inferior a la duración del turno de trabajo completo. Sin embargo, las mediciones tuvieron la duración suficiente para cubrir todos los períodos significativos de la exposición al ruido.

Al final de las tres mediciones iniciales de la jornada completa, se halló que los tres resultados diferían en más de 3 dB; por ello, se realizaron tres mediciones adicionales de jornada completa, utilizando las mismas técnicas descritas anteriormente; en total, se realizaron seis mediciones de jornada completa.

F.4.2 Observación de las actividades de trabajo y control de las mediciones

Para evaluar cualquier fuente de incertidumbre que pudiese influir en los resultados, el técnico responsable de las mediciones observó periódicamente a cada uno de los conductores durante el curso de las mediciones y tomó las notas apropiadas sobre sus actividades.



Además, al final del turno de trabajo, se retiraron los dosímetros sonoros personales y el técnico se entrevistó con cada uno de los conductores para establecer si la jornada laboral era representativa y, para descubrir si se realizaron tareas atípicas o, si algún incidente podría haber influido en los resultados.

F.5 Etapa 4: Tratamiento de errores

No se detecta ninguna fuente potencial de errores.

F.6 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados y de la incertidumbre

F.6.1 Resultados de las mediciones

Los resultados de las seis mediciones se muestran en la tabla F.1.

TABLA F.1 – Resultados de las mediciones

Conductor/Día	Nivel de presión sonora continuo equivalente $L_{p,A,eqT,n}$ dB	Duración de medición t
1/1	88,0	8 h 15 min
2/1	91,9	8 h 10 min
3/1	87,6	8 h 15 min
1/2	90,4	8 h 00 min
2/2	89,0	8 h 05 min
3/2	88,4	8 h 10 min

F.6.2 Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A

El nivel diario de exposición al ruido ponderado A, del grupo de exposición homogéneo de los conductores de motoelevadoras, se deriva del promedio energético de los seis valores medidos de $L_{p,A,eqT,n}$, utilizando la ecuación (11).

Si se utilizan los valores de la tabla F.1, el resultado es $L_{p,A,eqTe} = 89,5$ dB.

El nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{EX,8h}$, se deriva de la ecuación (13). La duración efectiva de la jornada laboral, $T_e = 9,25$ h y la duración de referencia es de 8 h .

Por lo tanto

$$L_{EX,sh} = 89,5 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{9,25}{8} \right) \text{ dB} = 90,1 \text{ dB}$$

F.6.3 Cálculo de la incertidumbre

Para la estrategia de medición de la jornada completa, la incertidumbre expandida, U , se determina siguiendo los procedimientos especificados en el capítulo C.3.

La incertidumbre estándar, u_1 , del valor de la energía promediada $L_{p,A,eqT}$, se deriva de la ecuación (C.12), es decir,

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{5} [(-1,2)^2 + 2,7^2 + (-1,6)^2 + 1,2^2 + (-0,2)^2 + (-0,8)^2]} \text{ dB} = 1,65 \text{ dB}$$

La contribución a la incertidumbre, $c_1 u_1$, de la tabla C.4 para $N=6$ y $u_1 = 1,65 \text{ dB}$ es $c_1 u_1 = 1,0 \text{ dB}$.

La incertidumbre estándar debida a la instrumentación, $u_{2,m}$, se toma de la tabla C.5, donde, dado que el instrumento utilizado fue un dosímetro sonoro personal:

$$u_2 = 1,5 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono, u_3 , se toma del capítulo C.6:

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad, c_2 y c_3 , se derivan de la tabla C.3:

$$c_2 = c_3 = 1$$

La incertidumbre estándar combinada, $u(L_{EX,sh})$, del resultado se deriva de la ecuación (C.9):

$$u^2(L_{EX,sh}) = (1,0^2 + 1,5^2 + 1,0^2) = 4,25$$

Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada, $u(L_{EX,sh}) = 2,06 \text{ dB}$.

La incertidumbre expandida, $U(L_{EX,sh})$, es:

$$U(L_{EX,sh}) = 1,65 \cdot u = 3,4 \text{ dB}$$

F.6.4 Conclusiones

Los tres conductores de las motoelevadoras están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 90,1 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 3,4 dB para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ($k = 1,65$).