

Estudio de la contaminación sonora en el perímetro sur de la UNMSM

Study of noise pollution on the south perimeter of San Marcos University

YARIN ACHACHAGUA, Anwar Julio¹; LLOSA DEMARTINI, Melchor²;
HERENCIA CALAMPA, Nicolás; GOMEZ BARRIA, Javier

RESUMEN

Se relata una medición de la intensidad sonora en términos del Leq y medir el impacto en el medio ambiente y dar una propuesta de posible solución al incremento de ruido por el flujo automovilístico producido por las obras del intercambio vial de las Avenidas Universitaria y Venezuela y que no ha sido considerada en la propuesta inicial que viene siendo ejecutada por la Municipalidad de Lima Metropolitana. Las barreras sonoras son muy comunes en los países desarrollados, pero vemos que dicha tecnología no ha sido introducida en nuestro medio y esta obra al estar colindante a la principal y más importante universidad peruana merece esta mejora para no afectar los procesos de enseñanza aprendizaje (PEA).

Palabras clave: Barreras sonoras, rayos acústicos, seguridad ambiental.

ABSTRACT

A measurement of the sonorous intensity in terms of the Leq is related and to measure the impact on the environment and to give a proposal of possible solution to the increase of noise by the automobile flow produced by works of the road interchange of the Avenues Universitaria and Venezuela and who have not been considered in the initial proposal that comes being executed by the Metropolitan Municipality of Lima. The sonorous barriers are very common in the developed countries, but we see that this technology has not been introduced in our means and this work when adjacent being to the main and more important Peruvian university deserves this improvement not to affect the education processes learning (EPL).

Key words: Noise Barriers, Ray Acoustics, Environmental safety.

¹ Escuela de Postgrado Universidad Cesar Vallejo. revistaucv-scientia@ucv.edu.pe

² Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. revistaucv-scientia@ucv.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El aumento desordenado del parque automotor en Lima, ha traído consigo una serie de problemas medioambientales que afectan nuestra calidad de vida. Dado que la polución por ruido de tráfico puede ser un agente contaminante que deteriore la calidad del proceso de enseñanza aprendizaje en un centro de estudios como es la Ciudad Universitaria de San Marcos, pero sin embargo no se toman estrategias para su control. El proyecto de infraestructura vial Intercambio Universitaria y Venezuela, además de recortar sustancialmente el terreno de la universidad hace temer un aumento de los niveles de contaminación sonora en las Facultades próximas a este proyecto. Es por esta razón que nace la idea de desarrollar un trabajo que permita estudiar las emisiones sonoras generadas por el tráfico vehicular, con el fin de proponer la solución más viable, que permita conservar un medio ambiente saludable. La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes de la ciudad de Lima y ciudades con un parque automotor emergente. Las emisiones sonoras de los automotores constituyen una muy importante fuente de contaminación. Uno de los lineamientos de la actual Política Nacional del Ambiente es la calidad del aire cuyo lineamiento 3(c) nos dice que se debe incentivar los instrumentos que contribuyan a reducir los niveles de contaminación atmosféricas. Estudiar las emisiones sonoras e intentar minimizarlas sería un aporte relevante para conservar un medio ambiente saludable, La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades.

Se estudiara el caso particular de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, la cual ha paralizado las obras que viene ejecutando la Municipalidad de Lima Metropolitana, pues además de recortar sustancialmente el terreno de la universidad, se teme un incremento en el nivel de ruido urbano en el perímetro de la Ciudad Universitaria, pudiendo deteriorar el medio ambiente y la tranquilidad que debe tener un centro dedicado a la formación de profesionales.

Limitaciones:

En esta investigación reconocemos los siguientes topos operativos:

- Cobertura de la investigación: Perímetro sur de la UNMSM.
- Amplitud y límites: Medición directa in situ considerando diferentes horas del día. Durante el periodo Noviembre – Diciembre 2009.
- Áreas o partes más estudiadas: Las emisiones sonoras en las facultades de Ingeniería Industrial, Ciencias Físicas, Ciencias Matemáticas y Ciencias

Químicas e Ing. Química.

- Dificultades: Contar con los datos acerca de las distancias en el proyecto final.

El protocolo de monitoreo que se presenta se elaboro teniendo en como referencia las normas ISO (1996-1:192 y 1996-2:1987) mencionadas en el Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Ruido (PCM, 2003). Con este protocolo nos aseguramos que los datos que se generen sean precisos, exactos y representativos, toda vez que estas son prácticas aceptadas en la industria y lineamientos internacionales con el fin de obtener datos de alta calidad. Este protocolo nos da las direcciones y guías para la medición, así como los procedimientos de documentación y reporte para asegurar la calidad de los datos obtenidos.

Selección de estaciones de monitoreo:

La elección de los lugares de monitoreo deberá ser llevada a cabo de la siguiente manera:

- Medición en exteriores: Se deberá efectuar a por lo menos 3.5 metros de cualquier estructura reflectante a excepción del suelo. La altura preferible de medición es de 1.3 a 1.5 metros por encima del suelo (ISO 1996-1-1982)
- Medición en exteriores cercanas a estructuras: Estas mediciones deberán ser llevadas a cabo en lugares donde se quiera determinar el ruido que una construcción este recibiendo. El lugar de medición deberá ser de 1 a 2 metros de la fachada y a 1.2 – 1.5 metros del nivel del piso de nuestro interés (ISO 1996-1-1982)
- Mediciones dentro de estructuras: Estas mediciones deberán ser llevadas a cabo en interiores donde el ruido sea de interés. El lugar de medición deberá estar a por lo menos 1 metro de las paredes o cualquier superficie reflectante y a 1.2 – 1.5 metros por encima del suelo y a 1.5 metros de las ventanas (ISO 1996-1-1982)
- Se elegirán a aproximadamente iguales distancias dentro del área bajo consideración, por ejemplo las intersecciones de la grillas en el mapa (ISO 1996-2:1987)
- Se tendrá en cuenta la representatividad del nivel promedio de una determinada zona o área (por ejemplo características topográficas) (ISO 1996-2:1987)

Adicionalmente se contemplan los siguientes criterios:

- Las estaciones de monitoreo serán ubicadas cercanas a las poblaciones o en todo caso en el borde de la propiedad.
- Se deberá tomar en cuenta la dificultad del acceso a las estaciones para monitoreos posteriores, así como la representatividad del lugar
- En caso de mediciones de carreteras o vías de acceso, estas deberán ubicarse a 2 metros de la carretera.

Periodo de medición:

El periodo de medición considerado es de 30 minutos en cada una de las estaciones de monitoreo y en horario diurno y nocturno. En la medida de lo posible el periodo entre la medición de horario diurno y nocturno en una misma estación debe ser de 12 horas. Cabe señalar que ni el reglamento ni las normas ISO contemplan periodos de monitoreo estándares.

Equipos:

La instrumentación deberá determinar el nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A. la instrumentación Deberá cumplir con las especificaciones para medidores de sonido preferiblemente de tipo 1 pero por lo menos de tipo 2 (ISO 1996-1-1982). La instrumentación debe contemplar lo siguiente (ISO 1996-1-1982):

- Integración del nivel de presión sonora para tipo A
- El sonómetro deberá esta configurado para frecuencias de ponderación A y tiempo de ponderación S.

Calibración:

Todos los equipos deberán ser calibrados de acuerdo con las respectivas instrucciones del fabricante (ISO 1996-1-1982). La calibración se realiza, como mínimo en cada evento de medición y diariamente durante dicho evento. Se deberá realizar una completa re-calibración anualmente que será realizada por una empresa certificada por INDECOPI, como se establece en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

Condiciones ambientales:

De acuerdo a la norma ISO 1996-1-1982, las mediciones serán realizadas normalmente durante

el periodo de tiempo en el cual las condiciones meteorológicas sean las más estables.

A continuación se mencionan otras consideraciones a tener en cuenta.

- La presencia de lluvias invalidara la medición, por lo que los eventos de monitoreo serán detenidos y/o invalidados en el caso de presentarse un evento de lluvia
- Evitar la presencia de vientos superiores a 18 km/h, ya que estos interfieren en la medición. La norma ISO 1996-2:1987 recomienda que la velocidad del viento sea de 3.6 a 18 km/h.

Consideraciones adicionales:

El micrófono del equipo debe de ser orientado a favor de la dirección del viento y con una inclinación de 45°.

Registro de datos:

En concordancia con lo establecido con la norma ISO 1996-1-1982, se deberá registrar los siguientes datos:

- Técnica de medición: Tipo de instrumentación, tiempo de medición y ubicación del lugar de medición.
- Condiciones prevalecientes durante las mediciones: Condiciones atmosféricas (dirección y velocidad de viento, temperatura al nivel del piso, presión atmosférica y humedad relativa). Características del suelo y/o relieve entre la fuente de ruido y la estación de monitoreo. Variación de emisión de la fuente de ruido.
- Información cualitativa: si es factible identificaron y localización de la fuente de ruido.

Ubicación de las estaciones:

La ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas se presentan a continuación.

Tabla 1. Estaciones de Monitoreo de Calidad Ambiental de Ruido.

ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DE RUIDO	
Código de la estación	Descripción
R01	Al borde de la Facultad de Ciencias Físicas, cercano a salones de clases
R02	En el límite de la Facultad de Ciencias Físicas, sobre pasto
R03	En el límite del anfiteatro de la Facultad de Ciencias Físicas
R04	En el borde de la Facultad de Ingeniería Industrial, cercano a aulas
R05	En el límite de la Facultad de Ingeniería Industrial, sobre pasto
R06	En el borde de la Facultad de Ciencias Matemáticas, cercano a aulas
R07	En el límite de la Facultad de Ciencias Matemáticas, sobre pasto
R08	En el borde de la Facultad de Química e Ing. Química, cercano a aulas
R09	En el límite de la Facultad de Química e Ing. Química, sobre pasto
R10	En la plaza principal, sobre pasto

En las imágenes siguientes mostramos las estaciones de monitoreo usadas.



Figura 1. Estaciones de monitoreo usadas.

Periodo de medición:

Las mediciones se efectuaron en el horario diurno y nocturno por espacio de 30 minutos en cada horario. Se contemplo la medición de "las peores condiciones" de nivel de ruido, es decir, se efectuó la medición en horas de mayor tránsito y en horas de clase.

Equipo de monitoreo:

El equipo usado para este monitoreo es el Acoustilyzer AL 1 de NTI que es un analizador acústico compacto dotado de una interfase MiniLink de tipo USB adicionando a esto un micrófono mini SPL de tipo omnidireccional con un condensador prepolarizado y un transductor de campo libre con una frecuencia de respuesta de 100 a 1250 Hz y de 20 a 20 kHz.



Figura 2. Analizador acústico. (a) Sin pantalla de viento, (b) con pantalla de viento.

Anemómetro digital:

Anemómetro digital marca Beha modelo 93460 en cual permite medir en m/s, Ft/s, Knots y Km/hr.



Figura 3. Anemómetro digital

Weather sensor:

Este sensor fue usado con la interfase de campo Xplorer GLX, este sensor de condiciones climáticas detectaba los parámetros siguientes: Temperatura, humedad relativa, punto de condensación, humedad absoluta, presión barométrica, altitud reativa. Como el equipo

soporta a presencia de 3 sensores mas se inserto además un sensor de sonido (Sound sensor) el cual registraba intensidad sonora en dB (C), dB(A) y $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Todo estos datos los registraba en su memoria interna y después fueron almacenadas en forma de archivos para su posterior tratamiento.



Figura 4. Sensor de condiciones climáticas.

ANALISIS CUANTITATIVO:

Las mediciones se realizaron durante las horas de mayor tránsito vehicular, 7:40 – 8:10 am (horario diurno) y entre las 18:00 y 18.30 (horario nocturno). Estas son las llamadas "horas punta", que es nuestra condición extrema.

Los gráficos de las mediciones en extenso los presentamos en el Anexo 1, en el cual podemos encontrar los valores registrados en cada intervalo de tiempo y de donde tomamos los datos que presentamos a continuación.

RESULTADOS

RESULTADOS				
PARAMETROS	R01		R02	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm
Fecha	29/11/2010	29/11/2010	30/11/2010	30/11/2010
L MAX dB (A)	88.1	87.3	85.2	84.4
L MIN dB (A)	52.5	55.7	55.7	53.9
Leq	75.6	78.6	79.6	77.2
Presión barométrica (Bar)	994.53	993.53	994.70	992.86
Velocidad del viento	4.1	7.9	6.4	7.6
Temperatura del aire MAX	22.77	27.02	20.68	22.16
Temperatura del aire MIN	17.71	20.92	19.41	18.80
Humedad relativa % MAX	93.76	77.56	83.28	88.71
Humedad relativa % MIN	72.36	56.87	78.07	72.38
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

RESULTADOS				
PARAMETROS	R03		R04	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm
Fecha	01/12/2010	01/12/2010	02/12/2010	02/12/2010
L MAX dB (A)	82.4	88.2	78.2	82.0
L MIN dB (A)	52.3	50	50.2	50
Leq	74.8	77.8	71.2	72.8
Velocidad del viento km/h	3.7	4.9	4.1	5.3
Presión barométrica (Bar)	994.46	992.87	993.98	992.89
Temperatura del aire MAX	22.87	23.08	23.73	24.71
Temperatura del aire MIN	20.33	19.64	21.12	19.13
Humedad relativa % MAX	73.09	80.63	72.59	83.71
Humedad relativa % MIN	65.76	67.40	63.97	58.66
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

RESULTADOS				
PARAMETROS	R05		R06	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm
Fecha	03/12/2010	03/12/2010	06/12/2010	06/12/2010
L MAX dB (A)	88.3	87.0	90.8	99.4
L MIN dB (A)	50.4	53	55.2	56.7
Leq	74.6	75.3	78.5	80.3
Velocidad del viento km/h	4.4	3.6	5.5	5.1
Presión barométrica (Bar)	994.51	993.50	995.36	994.64
Temperatura del aire MAX	25.03	21.97	23.68	22.89
Temperatura del aire MIN	21.50	18.43	21.56	19.46
Humedad relativa % MAX	74.58	89.89	73.54	87.74
Humedad relativa % MIN	63.41	72.65	67.41	70.47
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

RESULTADOS				
PARAMETROS	R07		R08	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm
Fecha	07/12/2010	07/12/2010	09/12/2010	09/12/2010
L MAX dB (A)	95.4	95.1	96.3	92.4
L MIN dB (A)	50.0	56	50.0	57.8
Leq	79.7	81.4	77.6	78.8
Velocidad del viento km/h	5.8	4.7	3.7	4.2
Presión barométrica (Bar)	995.83	994.63	996.04	993.95
Temperatura del aire MAX	23.62	23.55	22.27	993.95
Temperatura del aire MIN	21.66	19.93	18.13	21.36
Humedad relativa % MAX	72.41	83.46	94	18.33
Humedad relativa % MIN	67.24	66.93	74.65	92.72
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

RESULTADOS				
PARAMETROS	R09		R10	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 - 6:30 pm
Fecha	10/12/2010	10/12/2010	13/12/2010	13/12/2010
L MAX dB (A)	95.3	93.3	89.1	95.6
L MIN dB (A)	55.6	56.8	50	55.1
Leq	78	79.7	75.5	78.2
Velocidad del viento km/h	4.6	5.1	4.4	3.7
Presión barométrica (Bar)	995.36	993.13	994.48	991.98
Temperatura del aire MAX	22.85	24.38	22.70	24.73
Temperatura del aire MIN	18.76	19.62	19.42	18.95
Humedad relativa % MAX	90.25	84.93	85.85	84.67
Humedad relativa % MIN	71.25	64.17	70.73	61.92
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				



Figura 5. Ubicación de las estaciones de monitoreo.

DISCUSIÓN

- De los resultados podemos ver que la totalidad de los casos, la medición sobrepasa los límites permisibles. Se han tomado todas las mediciones en horario diurno puesto que horario nocturno (22 a 07 hrs) en la Universidad no existe actividad académica.
- Los valores de **Leq** van de 71.2 a 81.4, siendo el máximo permisible 50 por ser una zona de protección especial, es decir en la gran mayoría de los casos supera en 50% al valor admisible. Este hecho se puede explicar pues la obra no está concluida y en el perímetro no existe una pared que contenga un porcentaje del ruido, como podemos apreciar en la figura 6.



Figura 6. Estado del cerco perimétrico, como vemos ambos casos, es casi nulo.

- Los altos valores observados de **L MAX dB (A)**, que van de 78.2 a 99.4, provienen por lo general del transporte público y de los camiones de alta carga que también circulan, sin embargo la gran mayoría de vehículos que transitan en la mañana son de vehículos particulares.
- La obra esta inconclusa, según lo proyectado por la Municipalidad de Lima Metropolitana, la UNMSM quedaría como podemos apreciar en la figura 7. Con lo cual tanto la avenida universitaria como la avenida Venezuela entrarían aun mas al campus, con lo cual se espera un mayor incremento de ruido urbano.



Figura 7. Estado final de la UNMSM al concluir la obra de intercambio vial.

Para minimizar la presencia de ruido urbano se plantean las siguientes recomendaciones.

- Colocar una barrera acústica de niveles (voladiza) ya que además que puede servir de cerco

perimétrico minimizaría el ruido urbano. Con lo cual el aspecto final del cerco perimétrico que da a la avenida Venezuela sería como el presentado en la figura 8.



Figura 8. Vista de la barrera acústica.

- Haciendo cálculos para la colocación de una barrera voladiza, diseñándola de tal manera que evite la propagación en lugares altos, que es exactamente lo que queremos evitar (ver figura 9). Podemos apreciar que en el lado de la Av. Venezuela, tenemos los frentes de la Facultad de Ing. Industrial, Ciencias Físicas, Ciencias Matemáticas y Química e Ing. Química, los que son los más perjudicados por el incremento en los niveles de ruido.

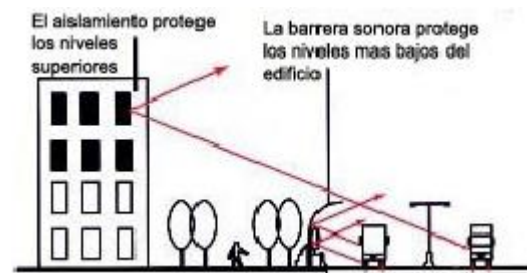


Figura 9. Forma de protección de una barrera voladiza.

- Si tomamos como ejemplo el frente de Ing. Industrial este posee una altura medida de 7.9 metros, considerando la envergadura de la Av. Venezuela (ancho variable, pero de 20 m en esta zona) y la nueva separación de la avenida auxiliar, y tomando en cuenta la envergadura de los vehículos de transporte pesado por geometría simple, se necesitaría una barrera de una altura de 4.5 metros que en principio podría ser de material noble, pero con el diseño y patrón que observamos en la figura 10, lo cual le daría el aislamiento acústico que necesita el interior de la universidad.



Figura 10. Detalle de la barrera voladiza.

CONCLUSIONES

- El aislamiento sonoro proporcionado por una barrera es dependiente de muchos factores por ejemplo masa El Perú no cuenta con un protocolo de monitoreo de ruido ambiental, de esta forma según la legislación vigente, debemos regirnos a las normas internacionales ISO 1996-1:1982 y 1996-2:1987, sin embargo esta no es específica con respecto al periodo de la medición.
- Los **Leq** obtenidos en cada estación de monitoreo excede en más del 50% a los valores referidos en zonas de protección especial, lo cual implica que la UNMSM se encuentra altamente contaminada por las emisiones de ruido proveniente del tráfico urbano.
- Una causa de la alta contaminación es la antigüedad del servicio de transporte público que circula en la zona, además de la alta tasa de circulación de vehículos pesados observados en la zona.
- Al ser concluida la obra de intercambio vial se debe considerar la instalación de la barrera acústica pues es la única forma de asegurar que no se vulneren los límites máximos permitidos, lo cual se diseña y construye durante el levantamiento del nuevo cerco perimétrico no debería ser de un costo adicional, siguiendo el patrón visto en la figura 23 con el fin de reflejar el sonido fuera del cerco perimétrico. Intentar realizar el aislamiento acústico a posteriori sería oneroso pues se necesitaría la instalación de paneles acústicos de alta costo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad de Lima Metropolitana regular el tráfico del transporte pesado prohibiéndolo en horario diurno y que sea exclusivamente en horario nocturno, el tráfico urbano en la ciudad de Lima ya colapso hace tiempo, ya no existen "horas punta" a toda hora existe alto tráfico. Según los expertos en Lima hay sobreoferta de transporte público. Si a eso le sumamos que el transporte pesado es más lento, vemos colapsar las principales arterias a toda hora.
- El transporte pesado debe circular entre las 11:00 pm y las 6:am, como existe un boom de la construcción y del comercio en general vemos circular unidades pesadas llevando ladrillos y agregados de la construcción a velocidades promedio de 30Km/hr que obstaculizan el libre tráfico en la Vía de Evitamiento y las demás vías rápidas, así también como el transporte hacia provincia de camiones con mercadería o inclusive camiones con remolque de matrícula Boliviana que tiene que pasar por la ciudad en tránsito hacia otras localidades empeorando la situación del tráfico urbano.

AGRADECIMIENTOS

- Se agradece a la Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC en la persona del Ing. Alberto Bejarano Heredia por el apoyo logístico así también como sus consejos y opiniones para que esta investigación sea realizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barreto Dávila, Celso. Contaminación por ruido de aeronaves en Bellavista – Callao. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 2007.
2. Bruneau, Michel. Fundamental of Acoustic. 1era Ed. ISTE LTD. 2006.
3. Carrión, Antoni. Diseño acústico de espacios arquitectónicos. 3er Edición. Ediciones UPC. 1998.
4. Cueto, José Luis y Hernández Ricardo. Metodología para la evaluación del impacto sonoro producido por los parques cólicos en Andalucía. Simposio Técnico Acústica Gandia. Andalucía. España. 2003.
5. De La Torre, Othilio y otros. Contaminación acústica en el centro histórico de Cuzco. Revista de Acústica. Vol. 34 Nº 3 y 4. 2003.
6. Estado Peruano. Ley General del Ambiente 28611 Artículo 66.
7. Fahn, Frank. Engineering Acoustic. 1era edición. Editorial Elsevier. 2001.
8. Hansler, Eberhard. Acoustic Echo and Noise Control 1 Edición. Wiley and Sons. 2004.
9. Harris, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. 1 Edición. Mc Graw Hill 1998.
10. Haughton, Peter. Acoustic for Audiologist. 1a Edición Edit Academia Press. 2002.
11. Hutchins, Jones and Russel. "Model studies of barrier performance in the presence of ground surfaces, Part 1 – Thin perfectly reflecting barriers". Journal of the Acoustical Society of America, 75(6), 1807-16. (1984).
12. Hutchins, Jones and Russel. "Model studies of barrier performance in the presence of ground surfaces, Part 2 – Different shapes". Journal of the Acoustical Society of America, 75(6), 1817-26. (1984).

13. Kotzen, Benz. Environmental Noise Barrier. 1a edición. E & FN Spum. 1999.
14. Kurze, U. J. and Anderson, G. S. "Sound attenuation by barriers", Applied Acoustic, 4, 35-53. (1971).
15. Machimbarrena, María. Estudio comparativo de modelos predictivos de ruido para tráfico rodado. Simposio Tecni-Acústica Bilbao. Valladolid. España. 2003.
16. Maekawa, Z. "Noise reduction by screens", Journal of Applied Acoustic 1, 157-73. (1968).
17. Rathe, E. J. "Note on two common problems of sound attenuation", Journal of Sound and Vibration, 10(3), 472-9. (1969).
18. Riquelme, Gonzalo. Estudio del ruido de tráfico vehicular de la Avenida Rivera Norte Sector Industrial Talcahuano mediante métodos de propagación. Tesis de licenciatura. Universidad Austral. Valdivia Chile. 2007.
19. Santos de la cruz, Eulogio. Contaminación sonora por ruido vehicular en la avenida Javier Prado. Ind. Data 10(1), 2007.
20. Simon, Francisco y Pfretzschner, John. Propiedades físicas del índice de protección acústica de barreras anti-ruido. Acústica 98. p. 307 al 310. Madrid. España. 1994.
21. Tectonica 14. Acústica arquitectónica. 1a edición. ATC Ediciones. 2001.
22. Wenze, Helmut. Ambient Vibration Monitoring. 1a edición. Wiley. 2005.

Recibido: 15 diciembre 2012 | **Aceptado:** 05 abril 2013