

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



JUN 2018



INFORME FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**APLICACIÓN DEL MODELO TNM (TRAFIC NOISE MODEL) PARA LA
PREDICCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EN LA AVENIDA BRASIL, LIMA-
PERÚ**

Autor:

RUBEN GILBERTO RODRIGUEZ FLORES

Doctor Ingeniero Químico

Código 1260

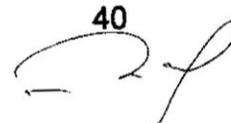
Periodo de ejecución: 01 de marzo del 2017 al 28 de febrero de 2018

Resolución Rectoral N° 278-2017-R (Callao, 28 de marzo del 2017)

Bellavista – Callao. 2018

24

I. ÍNDICE	1
Lista de tablas	4
Lista de figuras	6
II. RESUMEN Y ABSTRACT	8
Resumen	8
Abstract	9
III. INTRODUCCIÓN	10
3.1 Planteamiento del problema de investigación	10
3.2 Importancia y justificación de la investigación	13
IV. MARCO TEÓRICO	15
4.1 Propagación del ruido producido por el tráfico vehicular	15
4.2 Modelo TNM versión 2,5 de la FHWA	16
4.3 Modelos de propagación del sonido	17
4.4 Estándares de la Calidad Ambiental para el ruido	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 Materiales y equipo	25
5.2 Metodología para la predicción del nivel de ruido	29
5.2.1 Universo y muestra	29
5.2.2 Técnicas descriptivas para la contrastación y demostración de la hipótesis	29
VI. RESULTADOS	37
6.1 Características de la zona de estudio	37
6.2 Tipo de edificación y presencia de áreas verdes	40



Anexo 2. Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5 : Vías principales y auxiliares	93
Anexo 3. Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5: Vías y áreas verdes	94
Anexo 4. Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5: Sentido de vías y elementos receptores	95
Anexo 5. Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5: Vista de perspectiva del escenario de estudio	96
Anexo 6. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Descripción de elementos Receptores	97
Anexo 7. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Estimación del nivel de ruido con flujo vehicular de 556 veh/h	98
Anexo 8. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Estimación del nivel de ruido con flujo vehicular de 845 veh/h	99
Anexo 9. Evolución del promedio de pisos en proyectos de edificaciones en Lima (años 2011 – 2015)	100
Anexo 10. Certificados de calibración de sonómetros	101
Anexo 11. Registro de Fotos	105



LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Comparación de modelos revisados	18
Tabla 4.2 Comparación de criterios de ruido de tráfico residencial	20
Tabla 4.3. Estándares de calidad ambiental para el Ruido Ambiental	22
Tabla 4.4. Resultado del nivel de ruido en Lima y Callao en 2010	24
Tabla 5.1. Ubicación de puntos para la evaluación del ruido ambiental	32
Tabla 6.1. Tipo de edificaciones presentes a ambos lados de la av. Brasil (entre cuadras 12 a 15)	41
Tabla 6.2. Resultados de las condiciones meteorológicas en los tres puntos de monitoreo	45
Tabla 6.3. Horario de registro de los niveles de ruido en los puntos de monitoreo en la Av. Brasil (cuadras 12 y 15)	48
Tabla 6.4. Ruido Ambiental en puntos de monitoreo (dBA). 02- 08-2017	49
Tabla 6.5. Registro de resultados estadísticos aplicando el programa SPSS	51

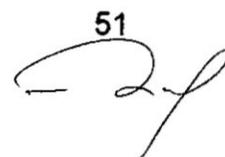


Tabla 6.6. Flujo Vehicular en la zona de estudio según tipo de vehículos (02-08-2017)	53
Tabla 6.7. Tipo de transporte vehicular por la Av. Brasil	53
Tabla 6.8. Resultados de Estimaciones del NPS en la avenida Brasil según escenarios presentes en la vía	60



LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Efecto de la velocidad de los vehículos sobre el Nivel de Presión Sonoro (NPS) según diversos modelos	21
Figura 5.1. Sonómetro marca SOUNDTEK clase 2 utilizado en la medición del nivel de ruido en la Av. Brasil	26
Figura 5.2. GPS para registro de Coordenadas UTM en la zona de estudio	27
Figura 5.3. Estación meteorológica RAINWISE para registro de condiciones meteorológicas en la zona de estudio	28
Figura 5.4. Ubicación del sonómetro en los diferentes puntos de monitoreo	33
Figura 6.1. Ubicación de la zona comprendida entre las cuadras 12 a 15 de la Av. Brasil	38
Figura 6.2 Características actuales del tránsito vehicular y edificación predominante en la Av. Brasil (cuadra 12)	39
Figura 6.3 Características actuales de la edificación predominante y área verde en la Av. Brasil (cuadra 14)	39
Figura 6.4 Características de la vía de estudio: (a) vía central principal (b) vía auxiliar - Av. Brasil (cuadra 12 y 15)	40

Figura 6.5 Características de la vía en cuanto a tipo de vehículos que transitan en la vía central y vías auxiliares - Av. Brasil (cuadras 12 a 15)	42
Figura 6.6 Actividad habitual en la avenida Brasil (cuadra 12 y 15)	43
Figura 6.7 Actividad no habitual en la avenida Brasil (cuadra 12 y 15)	43
Figura 6.8 Nuevas edificaciones en la avenida Brasil (cuadras 12 a 15)	44
Figura 6.9. Ubicación de los puntos de monitoreo del ruido ambiental y condiciones meteorológicas en la Av. Brasil (cuadras 12 y 15)	46
Figura 6.10. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Av. Brasil y vías auxiliares	47
Figura 6.11. Comportamiento del ruido ambiental en la Av. Brasil (R1)	50
Figura 6.12 Aplicación de modelo TNM para la estimación del Nivel de Presión Sonoro (NPS) en puntos de interés de la vía	55
Figura 6.13 Vista de perspectiva (3D) con condiciones de elevación de los elementos considerados en zona de estudio	58



II. RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

La estimación de los niveles de ruido en una vía por la intervención del tránsito vehicular además de otras características en la vía permite gestionar mejor acciones de planificación urbana, en particular aquellas orientadas a atenuar el ruido ambiental; esto es facilitado por el uso del modelo TNM 2,5 como herramienta para predecir el ruido a diferentes escenarios de interés.

Esta investigación ha permitido conocer el uso del modelo TNM 2,5 para una vía de alto tránsito vehicular, como es la Avenida Brasil y conocer del comportamiento del ruido a condiciones de flujo vehicular en hora punta. La investigación precisa que en la Avenida Brasil hay una predominancia de edificaciones de viviendas multifamiliares denominados Condominios Residenciales así como otras edificaciones comerciales y centros de educación técnica superior, la mayor altura de los edificios es de 20 pisos. El nivel de ruido obtenido durante el monitoreo en los tres puntos de monitoreo de la avenida Brasil está entre los 71,5 dBA a 76,6 dBA a condición de flujo vehicular normal (556 veh/h). Las estimaciones con la aplicación del modelo TNM 2,5 son muy similares, y para hora punta (845 veh/h) se incrementaría entre los 2,1 dBA a 2,4 dBA.

Palabras clave: ruido urbano, flujo vehicular, modelo TNM 2,5.

ABSTRACT

The estimation of the noise levels in a road by the intervention of vehicular traffic in addition to other characteristics in the road allows to better manage urban planning actions, in particular those aimed at attenuating environmental noise; this is facilitated by the use of the TNM 2.5 model as a tool to predict noise to different scenarios of interest.

This research has made it possible to know the use of the TNM 2.5 model for a high vehicular transit route, such as Avenida Brasil and to know the behavior of noise at traffic flow conditions during peak hours. The research indicates that on Avenida Brasil there is a predominance of multifamily housing buildings called Residential Condominiums as well as other commercial buildings and higher technical education centers, the highest height of the buildings is 20 floors. The noise level obtained during the monitoring at the three monitoring points of the Brazilian avenue is between 71.5 dBA and 76.6 dBA on condition of normal vehicular flow (556 veh / h). Estimates with the application of the TNM 2.5 model are very similar, and for peak hours (845 veh / h) it would increase between 2.1 dBA to 2.4 dBA.

Keywords: urban noise, vehicular flow, TNM 2.5 model



III. INTRODUCCIÓN

3.1. Planteamiento del problema de investigación

La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor ambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. El ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades, en particular en la ciudad de Lima. Durante los meses de abril a diciembre de 2010, el OEFA ha realizado evaluación rápida de ruidos generados por el tráfico vehicular (motos, motocarros, autos, buses, camiones, etc.), construcciones y zonas especiales, ubicando puntos de medición en avenidas y calles principales de la siguiente manera: 39 puntos en Lima y Callao, 47 puntos en la provincia de Maynas-Loreto, 44 puntos en la provincia de Coronel Portillo-Ucayali, 39 puntos en la provincia de Huancayo-Junín, 29 puntos en la provincia de Cuzco-Cuzco, 30 puntos en la provincia de Huánuco y 24 puntos en la provincia de Tacna-Tacna (OEFA 2011).

El valor máximo encontrado fue de 81.7 dBA, en la ciudad de Lima, en el cruce de la Av. Abancay y el Jr. Cusco,



mientras que el valor mínimo encontrado fue de 63.3 dBA, en la ciudad de Tacna, en la Av. Jorge Basadre entrada Tarata (Tacna), (OEFA 2011).

Sólo en los últimos años se ha desarrollado la conciencia sobre el peligro que la contaminación acústica representa para la salud humana. Fundamental para este reconocimiento, en el Perú ha sido la aprobación del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido".

Un importante principio, que los Estándares han reconocido, es el valor de la planificación territorial. La zonificación acústica considera el establecimiento de cuatro (04) zonas: protección especial, residencial, comercial e industrial, y para cada una de ellas existen estándares ambientales claramente establecidos para horarios diurno y nocturno.

Dado que el propósito de la evaluación del impacto ambiental es predecir y prevenir cualquier impacto negativo durante y después del proyecto de construcción de una vía, carretera o camino, algunos métodos tienen que ser utilizados para predecir el nivel de ruido y por lo tanto, los modelos de predicción de ruido del tráfico son adoptados [D. S. Cho, S. H. Mun,, 2008),



Planteamiento del problema a investigar

¿La aplicación de un modelo de predicción del nivel de ruido es una herramienta fundamental para estimar el impacto acústico de las fuentes actuales de flujo vehicular en los receptores sensitivos futuros de la avenida Brasil en la ciudad de Lima?.

Objetivos y alcance de la investigación

Objetivo general

Estimar los niveles de ruido futuro en la avenida Brasil de la ciudad de Lima a diferentes condiciones de flujo vehicular y de edificación predominante como resultado de la aplicación del Modelo TNM versión 2,5 desarrollado por la FHWA de Estados Unidos (Federal Highway Administration).

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar tres puntos de monitoreo del nivel de ruido en la zona de estudio, en particular en las horas pico de flujo vehicular.
- Determinar las características de la vía así como el tipo de edificación presente en la misma que puedan influir en los niveles de ruido generados por el tráfico vehicular en la av. Brasil



- Determinar los tipos de vehículos presentes así como el flujo vehicular predominante en la Av. Brasil.
- Estimar los niveles de ruido bajo diferentes condiciones de edificación y de flujo vehicular en la Av. Brasil.

Horizontes de la investigación

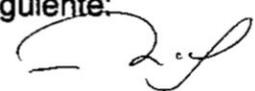
El presente trabajo constituye una Investigación Aplicada en el campo del área Ambiental (CTI N° 0301 0012), en especial a lo que corresponde a tema de Acústica Atmosférica (código UNESCO N° 2501.04) se desarrolló tanto a nivel de campo como de gabinete:

Labor de campo: Los registros en los puntos de monitoreo así como la caracterización de la zona de estudio se realizó en la avenida Brasil de la ciudad de Lima, entre las cuadras 12 y 15 de la misma.

Labor de gabinete: El procesamiento de toda la información así como las simulaciones correspondientes del Modelo TNM se desarrollaron en el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la FIARN (UNAC).

3.2 Importancia y justificación de la investigación

La presente investigación es importante por lo siguiente:



- Permitió establecer el nivel de ruido actual de la Av. Brasil por la acción del flujo vehicular en las condiciones de edificación existentes.
- Ha permitido aplicar de manera adecuada un modelo de predicción del ruido en una vía urbana de alto flujo vehicular y que sirva como base para futuros estudios de ruido en vías vehiculares.
- Permitió estimar de manera científica los niveles de ruido futuro en una vía de alto flujo vehicular.

La investigación tiene por justificación explicar de qué manera el incremento del parque automotor en la ciudad así como la constante construcción de edificaciones, en particular de aquellos que superan los 12,8 m influyen en los niveles de ruido presente en las vías, más aun si la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) señala que Lima y sus distritos presentan las construcciones de mayor altura, siendo los distritos de Jesús María, Lince, Pueblo Libre, San Miguel, Magdalena del Mar, Surquillo y Barranco donde las edificaciones incrementaron su altura en 15% frente al 2011 (Informe Económico de la Construcción – IEC, 2014)



IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Propagación del ruido por tráfico vehicular

El ruido producido por el tráfico de vehículos en zonas urbanas se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los pobladores que viven en las proximidades de los principales corredores viales, a esto se le atribuye una de las mayores perturbaciones que cualquier otra fuente. Por otra parte, en las últimas dos décadas se experimenta importante amenaza a la salud y calidad de vida [Anon, 2004].

La causa más importante es el número de vehículos de la vía, y, en consecuencia, aumenta en la densidad del tráfico en carreteras. La construcción de autopistas de varios carriles, en su mayoría en países más desarrollados e incluso en algunos en desarrollo, están permitiendo un gran volumen de tráfico a una velocidad sostenida. Una segunda causa del ruido es la velocidad de tráfico. Como regla general cuanto mayor es la velocidad del tráfico, mayor es el volumen del ruido. [Nirjar, 2003].

De acuerdo con la literatura revisada, se observa que se reportaron varios estudios de ruido y de tráfico. Se han desarrollado varios modelos de predicción de ruido por tráfico. Para el mejor conocimiento de los autores, los más populares incluyen el modelo CoRTN en el Reino Unido, el modelo TNM de la Administración Federal de



Carreteras (FHWA) en EE.UU., el modelo RLS90 en Alemania, el modelo OAL en Austria, el modelo 48 Statens Planverk en Escandinavia, el modelo EMPA en Suiza, el modelo ASJ en Japón y el modelo SIG en China.

Los modelos de predicción que aquí se consideran representan las respuestas nacionales a los problemas de contaminación acústica, que surgió, después de la Segunda Guerra Mundial, el gran aumento en la producción del automóvil, y también del interés actual en materia de medio ambiente en general [Champell, 2001].

4.2 Modelo TNM versión 2,5 de la FHWA

El modelo TNM de la FHWA, FHWA (Federal Highway Administration), desde la versión 1 ha tenido diversas aplicaciones para predicción del ruido por tráfico de vehículos fue introducido por Anderson et al. 1996. Aunque derivado de la programa STAMINA 2.0; tiene muchas mejoras sustanciales. Este admite cambios procedentes de programas CAD programas y STAMINA 2.0. Las mejoras en los modelos anteriores incluyen consideraciones por la aceleración, las señales de alto, señales de tráfico, etc. Otra de las mejoras en el acceso por el usuario para hacer uso de datos del REMEL. Esto está representado en espectros de un tercio de octava. La ecuación



general REMEL es una función de velocidad y frecuencia como se indica a continuación:

$$L_E(s, f) = 10 \log_{10} [10^{(C+\Delta E_c)/10} + (S^{A/10})(10^{(B+\Delta E_b)/10})] - (K1 + K2.s) + D1 + D2.s \\ + (E1 + E2.s) \log_{10} f + (F1 + F2.s) \log_{10} f^2 + (G1 + G2.s) (\log_{10} f)^3 \\ + (H1 + H2.s) (\log_{10} f)^4 + (I1 + I2.s) (\log_{10} f)^5 + (J1 + J2.s) (\log_{10} f)^6,$$

Dónde:

A es la pendiente de la porción de neumático / pavimento de la curva de regresión,

B + ΔEb es la altura de la porción de neumático / pavimento,

C + ΔEc es la altura de la parte del motor / escape,

D1 + J2 son constantes de la curva t del polinomio de sexto orden sexto orden polinomio físico para el tercio espectros, y

K1 y K2 viene dado por el nivel L (s) de ponderación A, en lugar de L (s, f).

4.3 Modelos de propagación del sonido

Diferentes métodos se aplican para calcular la propagación del sonido. Podemos distinguir métodos de ingeniería relativamente simples basados en los niveles ponderados A o en bandas de octava en un lado y métodos más complejos con las bandas de frecuencia estrechas, superposición coherente de las diferentes contribuciones de la misma fuente, la inclusión de la Zona Fresnel de ponderación, el sonido reflejado y de los efectos meteorológicos en algunos casos. Ejemplos para el primer caso son RLS-90, CRTN, NMPB, TNM, etc.

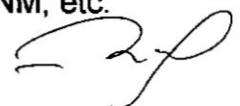


Tabla 4.1. Comparación de modelos revisados

Particulars	FHWA STAMINA	FHWA TNM version 1.0	CORTN	Stop-and-go model	RLS 90
Government users	USA, Canada, Japan, Mexico	USA, Canada	UK, Australia, Hong Kong, New Zealand	Bangkok	Germany
Applications	Highway (L_{eq}), not architectural Grid Road networks	Highway (L_{eq}), not architectural Grid, excellent source base Road networks	Highways (quasi L_{10}) Point Single traffic streams only	Urban road network where interrupted traffic flows (L_{vg})	Highways and car parks (L_{eq}), not architectural Point Good propagation Simple streams only
Predicts traffic volumes?	No	No	No	No	Yes
Traffic conditions	Constant speed, grades	Constant speed, acceleration, grades, and interruption	Constant speed, grades	Constant speed	Constant speed, grades, quasi-intersections, interruptions
Input data	Traffic speed, flow, road and environmental data Local characteristics	Traffic type, flow, speed, whether interrupted, road and environmental data Local characteristics	Heavy/light ratio, flow, speed, road and environmental data	Traffic type, interrupted flow, speed, and road geometry	Traffic type, flow, park or road data, and environmental data
Type	Hybrid, consistent/inconsistent	Mathematical/hybrid	Hybrid inconsistent	Mathematical	Hybrid consistent
Noise descriptor	L_{vg} /quasi- L_{10}	L_{vg}	Quasi- L_{10} (18 dB)	L_{vg}	L_{vg}
Type of mapping	Point → grid	Multiple dual Point → grid	Line → point	Line → point	Line → point
Source	Simple stream	Simple stream	Simple stream	Simple stream	Simple stream
Propagation	Energy by type	Energy by type	Energy by type	Energy by type	Energy by type
Vehicle types	Automobile/medium trucks/heavy trucks	Optional spectra for automobile/medium trucks/heavy trucks/buses/motorcycles	Light vehicles/heavy vehicles	Automobile, heavy truck, light truck, motorcycles, medium truck, bus and tuk-tuk	Light vehicles/heavy vehicles/car parks
Validation	Contingent; 0.58-1.3 dB(A) @ 15-60 m	Not readily available	+1.4 @ 50-54.9 dB(A) (Dehny); -1.2 @ 80-84.9 dB(A) +1.7 @ facades (sounders)	0.1165 dB(A) within central part of Bangkok	Not readily available

El modelo FHWA TNM es un ejemplo de las tendencias hacia una física más precisa en los modelos y hacia Representaciones más realistas de los flujos reales de tráfico. Otro enfoque, por Cammarata et al. (1995), fue a utilizar un esquema de red neuronal como un sustituto de la regresión lineal en los modelos. En la tabla N° 4.1 se muestra alguno de los principales modelos aplicados en la predicción de ruido por tráfico en vías.

La tabla N° 4.2 muestra los criterios vigentes en algunos países (Lambert & Vallet 1993). Otros países tienen una variedad de criterios, dependiendo de la zonificación o zona donde se recepciona el ruido; en esta tabla se compara criterios tomados en cuenta para áreas residenciales de algunos países europeos así como de Estados Unidos de Norte América.

Se han estudiado diferentes métodos utilizados en Europa por parte de BAST (Instituto Federal Highway Research) de Alemania para calcular el ruido del tráfico por carretera, investigándose los pros y los contras de las estrategias aplicadas en incluir los fenómenos físicos importantes.



Tabla 4.2 Comparación de criterios de ruido de tráfico residencial

COUNTRY	DAYTIME CRITERIA	NIGHT-TIME CRITERIA	COMMENTS
France	60-70 dB(A) L_{eq} (8 am-8 pm)	Not normally set	Daytime criterion considered acceptable, unless $L_{night} - L_{day} < 6$ dB(A).
Germany	62-70 dB(A) L_{night} : in practice 55 dB(A) is used.	52-60 dB(A) L_{night} : in practice 45 dB(A) is used.	Federal law
Greece	Interior levels of 30-35 dB(A) in new buildings (all noise sources)		Criteria on traffic noise are being developed. L_{night} traffic noise criterion is likely to be used in future.
The Netherlands	60-75 dB(A) $L_{day-evening-night}$	50-65 dB(A) L_{night}	60 criteria to choose from, depending on zoning and stage of construction of road and residences
Italy	55 dB(A) $L_{day-evening-night}$	45 dB(A) L_{night}	National law
Japan	60 dB(A) L_{max}	50 dB(A) L_{max} 55dB(A) L_{max} early am/late pm	Criteria increase if more than one road is nearby. L_{max} and L_{night} are correlated.
Spain	Proposed criteria of 55-75 dB(A) L_{night}	Proposed criteria of 45-65 dB(A) L_{night}	No fixed laws—awaiting an EEC directive.
Switzerland	60 dB(A) L_{night} reference level	50 dB(A) L_{night} reference level	Planning levels 5 dB below these criteria.
UK	68 dB(A) L_{10-100}	Not set	Equivalent to a criterion of 65 dB(A) L_{eq} Proposed future planning criterion is 55 dB(A) L_{night}
USA	55 dB(A) $L_{day-evening-night}$ is 'interference level'; 67 dB(A) $L_{day-evening-night}$ is 'intervention level'.		Criterion of $L_{dn} = 65$ dB(A) is also sometimes used.

Fuente: Environmental criteria for road traffic noise. EPA. 1999.

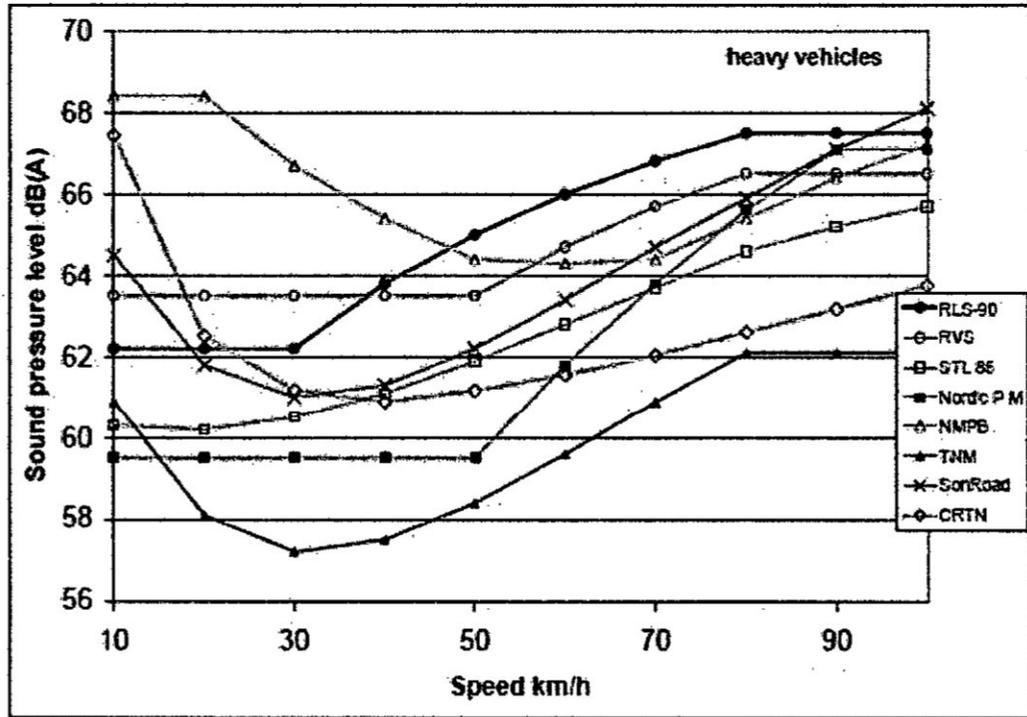


Figura 4.1 Efecto de la velocidad de los vehículos sobre el Nivel de Presión Sonoro (NPS) según diversos modelos.

Según los resultados del estudio por parte de BAST, se tiene un intervalo en más o menos 8 dB en el caso de camiones. Una de las razones es que algunas metodologías toman en cuenta diferentes condiciones de flujo de tráfico, aceleración, desaceleración y otros. Es obvio que la velocidad, superficie de la carretera, gradiente lateral y otros parámetros deben mostrar efectos similares sobre la emisión de sonido independiente del país donde se aplica la metodología.

4.4 Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido

En el Perú la normativa ambiental del Ministerio del Ambiente ha establecido los estándares de calidad ambiental para ruido ambiental según zonas de interés (D.S. N° 085-2003-PCM), esto se puede apreciar en la tabla N° 4.3.

Tabla N° 4.3. Estándares de calidad ambiental para el Ruido Ambiental

ZONA	HORARIO DIURNO (1)	HORARIO NOCTURNO (2)	UNIDAD	REGLAMENTO APLICADO
Zona de Protección Especial	50	40	dB (A)	D.S. N° 085- 2003-PCM
Zona Residencial	60	50	dB (A)	
Zona Comercial	70	60	dB (A)	
Zona Industrial	80	70	dB (A)	

(1): de 07:01 a 22:00 (2): de 22:01 a 07:00

Fuente: D.S. N° 085-2003-PCM

El descriptor de ruido utilizado por la mayoría de los países está basado en el Leq (Nivel continuo equivalente de ruido) y en otros casos el L10 y L50; en los últimos tiempos se utiliza mayoritariamente un descriptor como L10 o L50. Lambert y Vallet (1993) señalan que la



Descriptor Ldn, utilizado en los EE.UU., es insensible a las variaciones del nivel de ruido nocturno, y por esta razón es un descriptor inapropiado para usar. También comenta que Leq es fácil de calcular, pero no es preferido por los residentes, a los cuales les resulta difícil de entender; afirma que Los residentes prefieren L10, ya que se percibe como aquel que toma cuenta los picos de ruido de tráfico.

Para ruido continuo de tráfico, tanto el Leq y L10 están fuertemente correlacionados, L 10 es aproximadamente 3 dB mayor que Leq. Los criterios de ruido diurno oscilan entre 55 y 75 dB (A) para el Leq, mientras que los criterios nocturnos varían de 45 a 65 dB (A) también como Leq. En muchos países se aplica un Límite en el nivel nocturno como diurno (L eq) para el tráfico en carreteras, el cual es medido o calculado en una variedad de períodos.

Según la OEFA (2011), la mayoría de monitoreos del nivel de ruido en las principales ciudades del Perú superan los valores de los ECAs indicados.

El rango de los niveles de ruido obtenidos durante el monitoreo en 39 puntos de Lima Metropolitana en el 2010 va de 69.60 dB a 81.70 dB (tabla 4.4), tal como se indica en el informe del 2011 de la OEFA sobre Evaluación Rápida del Nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna.



Tabla 4.4. Resultado del nivel de ruido en Lima y Callao en 2010.

PUNTOS DE MEDICIÓN LIMA Y CALLAO (13 ABRIL AL 5 DE MAYO DE 2010)						
PUNTO	LUGAR	DISTRITO	Leq (dBA)	ECA (D.S. Nº 085-2003-PCM)		
				60	70	80
1	Av. Abancay con Jr. Cusco	Cercado	81.7	-21.7	-11.7	-1.7
2	Av. Aviación con Av. Angamos (1)	Surquillo	70.2	-10.2	-0.2	9.8
3	Av. Aviación con Av. Angamos (2)	Surquillo	74.2	-14.2	-4.2	5.8
4	Av. Caminos del Inca con Av. Angamos (1)	Surco	74.1	-14.1	-4.1	5.9
5	Av. Caminos del Inca con Av. Angamos (2)	Surco	74.1	-14.1	-4.1	5.9
6	Av. Cantacallao con Av. Faucett	Callao	72.9	-12.9	-2.9	7.1
7	Av. Faucett con Av. Morales Duárez	Callao	79	-19	-9	1
8	Av. Faucett con Av. Venezuela	Callao	72.7	-12.7	-2.7	7.3
9	Av. Javier Prado (altura Begonias) (1)	San Isidro	72.3	-12.3	-2.3	7.7
10	Av. Javier Prado (altura Begonias) (2)	San Isidro	75.8	-15.8	-5.8	4.2
11	Av. Javier Prado (altura MINAU)	San Isidro	71.2	-11.2	-1.2	8.8
12	Av. Javier Prado con Av. Brasil	Magdalena	75.3	-15.3	-5.3	4.7
13	Av. Javier Prado con Las Flores	San Isidro	75.8	-15.8	-5.8	4.2
14	Av. Javier Prado con Av. Petit Thouars	San Isidro	78.8	-18.8	-8.8	1.2
15	Av. La Marina con Av. Brasil (1)	San Miguel	75.2	-15.2	-5.2	4.8
16	Av. La Molina con Av. Javier Prado (1)	La Molina	77.2	-17.2	-7.2	2.8
17	Av. La Molina con Av. Javier Prado (2)	La Molina	72.5	-12.5	-2.5	7.5
18	Jr. Lampa con Jr. Miró Quesada	Cercado	76.5	-16.5	-6.5	3.5
19	Av. Tomás Marsano (cerca a la Bolichera) (1)	Surco	74.6	-14.6	-4.6	5.4
20	Av. Tomás Marsano (cerca a la Bolichera) (2)	Surco	74.1	-14.1	-4.1	5.9
21	Av. Universitaria con Av. La Marina (1)	San Miguel	72.8	-12.8	-2.8	7.2
22	Av. Universitaria con Av. La Marina (2)	San Miguel	74	-14	-4	6
23	Av. Venezuela (altura con SEDAPAL)	Breña	75.4	-15.4	-5.4	4.6
24	Centro Cívico	Cercado	76.1	-16.1	-6.1	3.9
25	Av. Juan de Arona con Av. Begonias (1)	San Isidro	77.4	-17.4	-7.4	2.6
26	Av. Juan de Arona con Av. Begonias (2)	San Isidro	72.3	-12.3	-2.3	7.7
27	Mercado Ceres	Ate	80.3	-20.3	-10.3	-0.3
28	Ovalo Cantalao	Callao	72.5	-12.5	-2.5	7.5
29	Ovalo de Miraflores	Miraflores	73.7	-13.7	-3.7	6.3
30	Ovalo Cutiérez	Miraflores	71.8	-11.8	-1.8	8.2
31	Ovalo La Perla	Callao	69.6	-9.6	0.4	10.4
32	Ovalo Santa Anita (1)	Santa Anita	77.2	-17.2	-7.2	2.8
33	Ovalo Santa Anita (2)	Santa Anita	75.3	-15.3	-5.3	4.7
34	Panamericana Norte con Carlos Izaguirre	Independencia	75.4	-15.4	-5.4	4.6
35	Panamericana Norte con Angélica Camarra	Independencia	77.4	-17.4	-7.4	2.6
36	Panamericana Norte con Tomás Valle	San Martín de Porres	76.2	-16.2	-6.2	3.8
37	Parque Blume (1)	San Isidro	77.2	-17.2	-7.2	2.8
38	Plaza Bolognesi	Cercado	78.3	-18.3	-8.3	1.7
39	Plaza Dos de Mayo	Cercado	76.2	-16.2	-6.2	3.8

Fuente: sobre Evaluación Rápida del Nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna , 2011

V. MATERIALES Y MÉTODO

5.1 Materiales y equipo

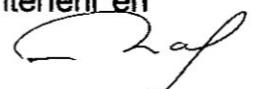
Para el desarrollo de la investigación se ha tenido que hacer uso de equipos de medición del nivel de ruido en la av. Brasil (entre las cuadras 12 a la 15) así como las condiciones ambientales (viento, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa) en la zona de interés

a) Sonómetro integrador

Los sonómetros permiten el registro de los niveles de ruido cuando se expone a una fuente. La calibración de los sonómetros en campo se realizara antes de la medición, lo que permite asegurar que las lecturas sean confiables, esta calibración se efectuará con un calibrador acústico clase 1.

El sonómetro de la marca SOUNDTEK es de clase 2, con características integradoras y permite el registro hasta el segundo de los niveles de ruido de cualquier fuente a la que se le expone, por lo que brinda una data confiable para la investigación y en particular para el uso en simulación a diferentes escenarios.

Cada punto de monitoreo del ruido se debe encontrar lo suficientemente alejado de elementos que pudieran interferir en



la determinación del nivel sonoro (fuentes fijas de emisión sonora, árboles, postes de alumbrado eléctrico, etc.); incluso a una distancia razonable del operador del sonómetro para evitar el apantallamiento del equipo.

El tiempo de monitoreo en cada uno de los puntos sobrepasara los 30 minutos, cumpliendo con lo establecido en la norma NTP ISO 9001/AD1: Acústica y Medición de Ruido Ambiental y en horario diurno.

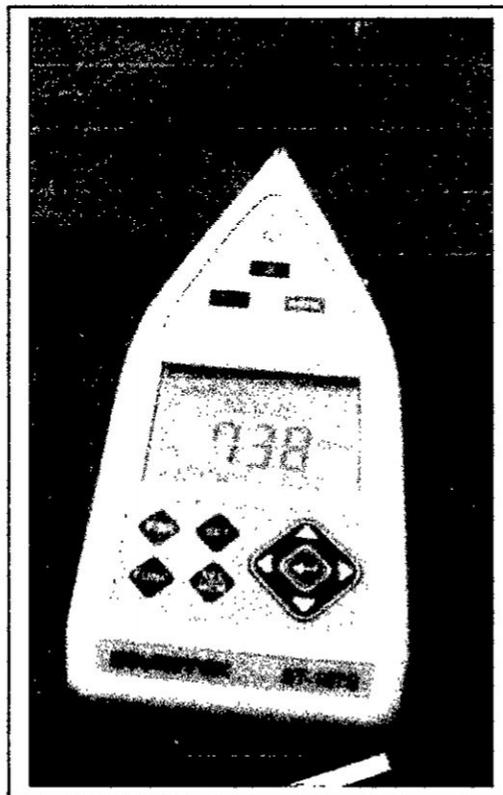


Figura 5.1. Sonómetro marca SOUNDTEK clase 2 utilizado en la medición del nivel de ruido en la Av. Brasil

b) GPS con registro de Coordenadas de los puntos de monitoreo

Para el registro de los puntos de monitoreo se utiliza un GPS de la marca GARMIN modelo 62s, con las siguientes características:

- Pantalla en color que se puede leer con la luz del sol de 2,6"
- Mapa base mundial preinstalado con relieve sombreado
- Memoria interna de 1,7 GB
- Receptor GPS de alta sensibilidad con antena Quadrifilar Helix



Figura 5.2. GPS para registro de Coordenadas UTM en la zona de estudio

c) Estación Meteorológica

Las mediciones solo se realizaron en condiciones atmosféricas aceptables (sin lluvia, niebla o fenómenos similares). Para establecer las condiciones atmosféricas se ha registrado la velocidad del viento, dirección, temperatura y humedad. El registro se realizó mediante una estación meteorológica de la marca RAINWISE que contiene un Data Logger para el registro de la dirección e intensidad del viento; la Humedad, temperatura y presión atmosférica se utilizó un registrador con Data Logger de la marca TENMARS (TM-305U)



Figura 5.3. Estación meteorológica RAINWISE para registro de condiciones meteorológicas en la zona de estudio

5.2 Metodología para la predicción del nivel de ruido

5.2.1. Universo y muestra

El universo corresponde a toda la avenida Brasil en cuanto a los niveles de ruido que se hace presente en la misma por acción del flujo vehicular y características de edificación presente en dicha vía y que constituye una de las vías importantes de la ciudad de Lima.

La muestra corresponde a los niveles de ruido que experimenta la zona comprendida entre las cuadras 12 a la 15 de la avenida Brasil en la ciudad de Lima como consecuencia del flujo vehicular y características de edificación presente en la misma.

5.2.2. Técnicas descriptivas para la contrastación o demostración de la hipótesis

La investigación en curso es descriptiva y correlacional, dado que se pretende hacer una descripción de la zona en estudio en cuanto al flujo vehicular presente en la vía, el tipo de edificación predominante así como las condiciones climáticas que puedan estar influenciando en mayor o menor cuantía sobre los niveles de ruido presentes en el área de estudio (Av. Brasil).

Tomando en el tipo y alcance de la investigación planteada, su muestreo es no probabilístico, esto como consecuencia de permitirnos disponer de muestras representativas de la zona de estudio de fácil acceso, para lo cual se plantea lo siguiente:



a) Caracterización de la zona de estudio

La zona de estudio comprende las edificaciones entre las cuadras 12 a la 15 de la Avenida Brasil, el tipo de vía, las diferentes áreas con presencia de vegetación en la zona así como el flujo vehicular.

Para establecer las características de la zona en estudio se planteó las siguientes evaluaciones:

- Caracterización espacial de la avenida Brasil (cdra. 12 a 15)
- Identificación y registro del tipo de edificación y presencia de vegetación en la zona de estudio.
- Registro de las condiciones meteorológicas (humedad y temperatura) de la zona conjuntamente con los niveles de ruido en tres (3) puntos de monitoreo comprendidos entre la cuadra 12 y 15 de la Av. Brasil.

b) Registro de datos del Nivel de Ruido Ambiental

El monitoreo del ruido ambiental tiene por finalidad identificar la intensidad de ruido producido por el tránsito vehicular, además de conocer sobre las características de las fuentes móviles y el uso de claxon en la zona de interés de la Av. Brasil (cuadra 12 a 15).



evitar el apantallamiento del equipo. En caso se presente superficies reflectantes el sonómetro es ubicado a una distancia de dos veces la distancia entre la fuente emisora y la superficie reflectante (NTP ISO 9001/AD1: Acústica y Medición de Ruido Ambiental;).

La altura de ubicación del sonómetro (integrador) para los cinco puntos de evaluación del ruido se ha fijado en 1,5 m sobre el nivel del suelo. El sonómetro estará ubicado sobre un trípode con la correcta nivelación (NTP ISO 9001/AD1: Acústica y Medición de Ruido Ambiental), orientando el micrófono hacia la fuente de emisión (tráfico vehicular).

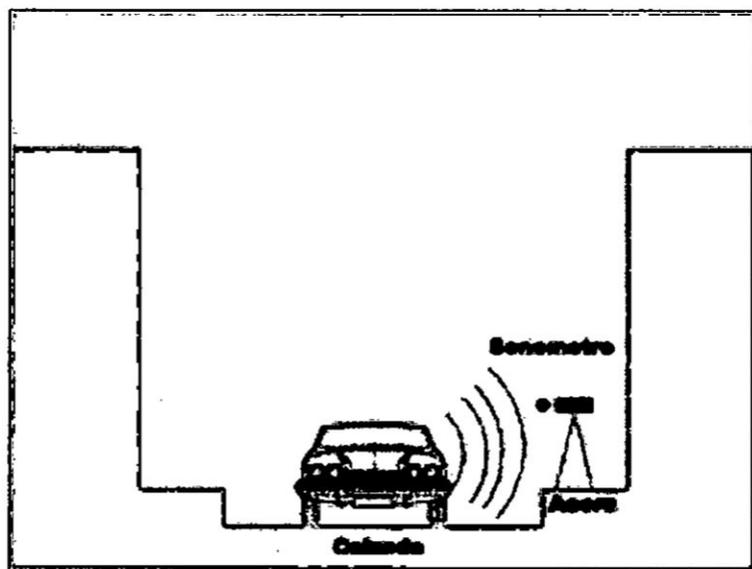


Figura 5.4. Ubicación del sonómetro en los diferentes puntos de monitoreo

La NTP-ISO 1996-2:2008, indica que debe cumplirse la siguiente condición:

$$(hs + hr)/r \geq 0,1$$

Dónde:

hs: altura de la fuente, m.

hr: altura del receptor, m

r: distancia entre la fuente y el receptor, m

Las mediciones solo se realizaran en condiciones atmosféricas aceptables (sin lluvia, niebla o fenómenos similares).

- **Periodo de evaluación**

La evaluación ha sido desarrollada en los horarios de tráfico punta y con un tiempo de evaluación no menor de 1 hora, para el presente investigación se realiza en un tiempo de 3,5 hr, en el horario de las 7:00hr a 11:30 hr

- **Registro del nivel de exposición sonora**

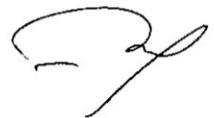
Durante el monitoreo del ruido se ha registrado los diferentes niveles de presión sonora cada segundo, estableciéndose además las siguientes características acústicas:



- Nivel de Presión Sonora Máxima (Lmax o NPS max):
Máximo de presión sonora registrado utilizando la curva de ponderación A (dB(A)) durante el periodo de medición dado.
- Nivel de Presión Sonora Mínimo (Lmin o NPS min):
Mínimo de presión sonora registrado utilizando la curva de ponderación A (dB(A)), durante el periodo de medición dado.
- Nivel de Presión Sonora continua equivalente (LAeqT):
Nivel de ruido continuo que contiene la misma energía que el ruido medido, y consecuentemente también posee la misma capacidad de dañar el sistema auditivo. Este parámetro es el que se aplica para comparar con la norma ambiental ECA (ruido).

c) Estimación de los niveles de ruido según escenarios

Para la estimación de los niveles de ruido en la zona se han establecido dos escenarios: a tráfico normal y tráfico punta, en los cuales el modelo TNM 2,5 efectuará los cálculos de los incrementos del nivel de ruido, para lo cual debe realizarse lo siguiente:



- Ingreso de las características de la zona y registro de los datos de monitoreo del ruido en el programa TNM 2,5.
- Estimación de los niveles de ruido en los puntos de interés (zona de tránsito peatonal) y análisis de los resultados obtenidos a los dos diferentes escenarios de flujo vehicular y de características de la zona de estudio.

d) Técnicas Estadísticas

Para el análisis de la información se hará uso del programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (**SPSS**), que permitirá un mayor análisis del comportamiento de los distintos parámetros, en particular del comportamiento del nivel de ruido ambiental por el flujo vehicular..



VI. RESULTADOS

6.1 Características de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde a una avenida con tránsito segregado, comprendida entre las cuadras 12 y 15 de la Av. Brasil en la ciudad de Lima, esta zona de la vía corresponde a los límites de los distritos de Pueblo Libre con Jesús María. La vía presenta una vía principal central de 4 carriles (dos en sentido Oeste-Este y las otras dos en sentido Este-Oeste) con vías auxiliares de doble carril a ambos lados de la vía principal central. Entre la vía central y las vías auxiliares se encuentra un área verde con presencia de grass y algunos árboles a lo largo de la vía y que además se encuentra vallado para evitar el paso peatonal.

La avenida Brasil conecta el centro de ciudad de Lima con la zona costera del distrito de San Miguel, con un total de 41 cuadras, en su extensión total se nota la presencia de edificaciones modernas que pueden llegar a alcanzar los 21 pisos de altura. Entre las zona comprendida de estudio (cuadras 12, 13, 14 y 15) de la av. Brasil se nota presencia de zona residencial como comercial, siendo esta última la que destaca con la presencia del Supermercado Plaza Veá (cuadra 15).



La ubicación y características de las edificaciones en la zona de estudio se pueden observar en la figura 6.1, en esta hay presencia de una considerable densidad de edificios.



Figura 6.1. Ubicación de la zona comprendida entre las cuadras 12 a 15 de la Av. Brasil.

Una constante actividad comercial como de tránsito peatonal en la zona es lo que destaca, especialmente en inmediaciones de los paraderos de buses presentes en las cuadras 12 y 14 de la vía principal central; además, la avenida Brasil se caracteriza por presentar áreas verdes con presencia de árboles, que establecen la división entre la vía central con las vías auxiliares, así como algunas áreas verdes entre las vías auxiliares y las edificaciones presentes.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Raf'.

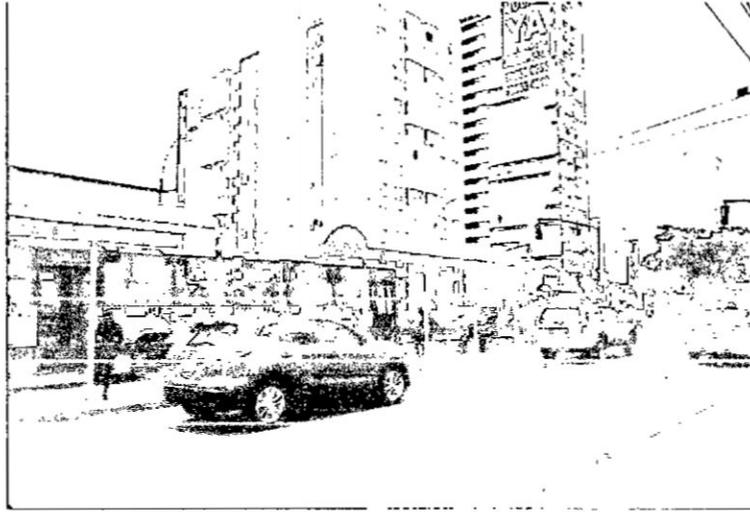


Figura 6.2. Características actuales del tránsito vehicular y edificación predominante en la Av. Brasil (cuadra 12).

La vía principal central recibe la circulación de transporte público, especialmente de alta capacidad, mientras que en las vías auxiliares circulan vehículos particulares, taxis, y otro tipo de vehículos de mayor capacidad, tal como se indica en la figura 6.2 y figura 6.3.



Figura 6.3. Características actuales de la edificación predominante y área verde en la Av. Brasil (cuadra 14).

VISTA PLANTA

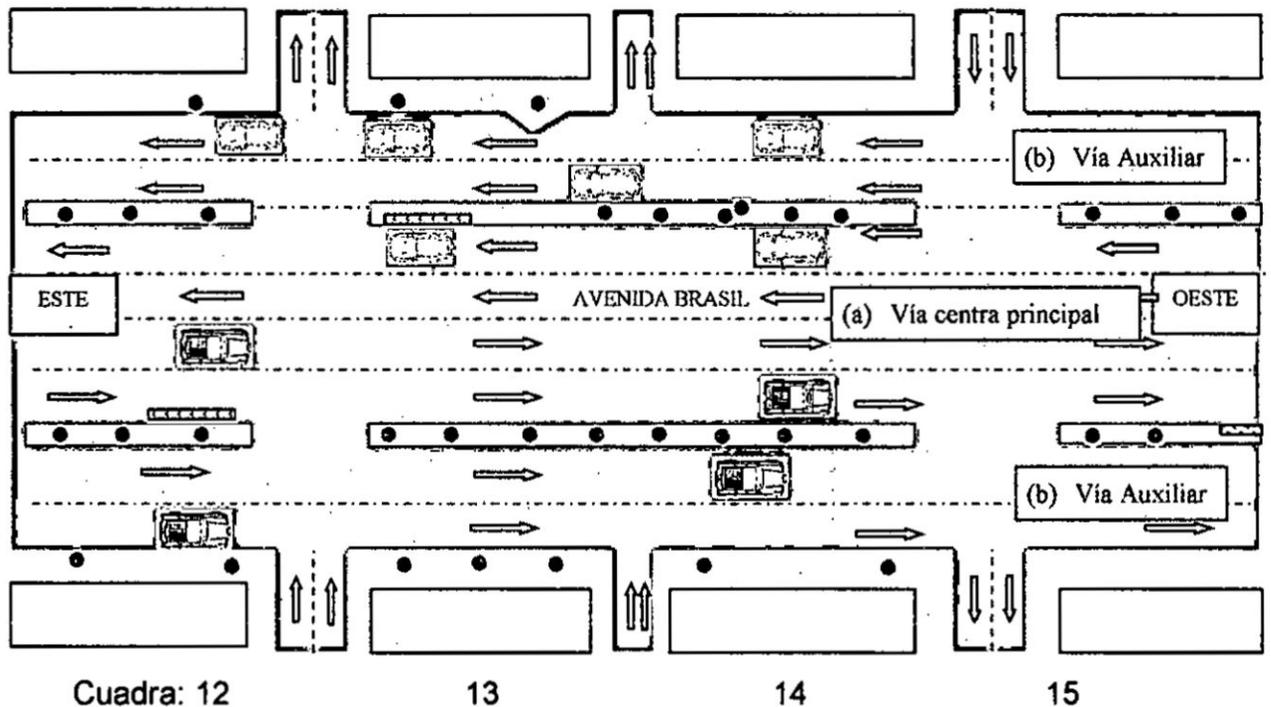


Figura 6.4. Características de la vía de estudio: (a) vía central principal (b) vía auxiliar - Av. Brasil (cuadras 12 y 15)

6.2 Tipo de edificación y presencia de áreas verdes

La zona se caracteriza por presentar edificaciones comprendidas entre 1 y los 20 pisos, en la actualidad es considerable la presencia de edificaciones de altura elevada a ambos lados de la vía, el tramo en estudio corresponde a la vía limitada por el Oeste por la intersección de la av. Brasil (cuadra 15) con la Av. Bolívar y hacia el Este por la intersección av. Brasil (cuadra 12) con la calle Colombia. En ambos extremos se ubican paradero de buses en la vía central;

en la zona se aprecian como se indicó edificaciones que en su mayoría están entre los 2 y 3 pisos, así como edificios entre 11 y los 20 pisos (60m) de alto, los mismos que en los últimos años se han construido, incrementando la densidad poblacional de la zona, la distribución de edificaciones a lo largo de estas cuadras se detalla en la tabla 6.1.

Tabla 6.1. Tipo de edificaciones presentes a ambos lados de la av. Brasil (entre cuadras 12 a 15).

Cuadra	sentido de la vía	Número de pisos en edificaciones						Total	Mayor edificación
		1	2	3	4	5	> 5		
12	E-O		4	2		1	2	9	14 pisos
	O-E		5		2			7	4 pisos
13	E-O	1	2	3			1	7	11 pisos
	O-E			3			2	5	20 pisos
14	E-O		2	1	1		2	6	20 pisos
	O-E	2	2	3	1		1	9	8 pisos(*)
15	E-O	1	5	2	1			9	4 pisos
	O-E	2	1	1	1			5	4 pisos
Edificaciones entre cuadras 12 a 15 de la avenida Brasil								57	20 pisos

(*): En construcción hasta 20 pisos

Fuente: Elaboración propia



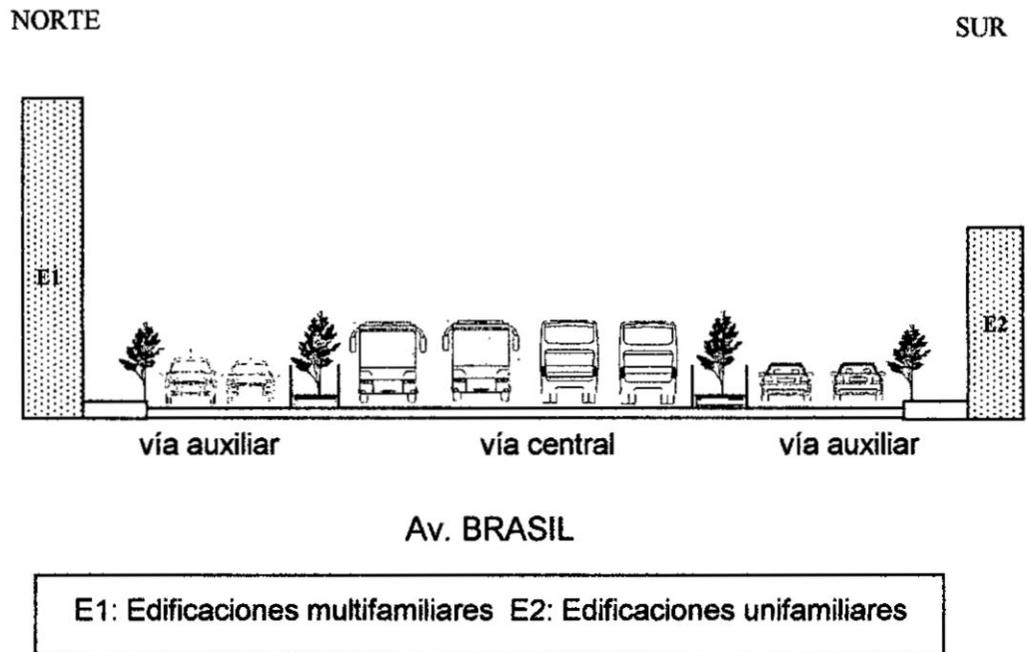


Figura 6.5. Características de la vía en cuanto a tipo de vehículos que transitan en la vía central y vías auxiliares - Av. Brasil (cuadras 12 a 15)

En la zona de estudio se tiene presente actividades habituales, en cuanto a tránsito vehicular, actividad comercial, tránsito peatonal como en algunas condiciones no habituales (desfiles y marchas peatonal y de transporte), esto puede verse en las figuras 6.6 y figura 6.7, además en la zona se hace presente una considerable actividad de construcción de nuevos edificios, esto se puede apreciar en la figura 6.8.



Figura 6.6. Actividad habitual en la avenida Brasil (cuadra 12 y 15)



Figura 6.7. Actividad no habitual en la avenida Brasil (cuadra 12 y 15)

[Handwritten signature]

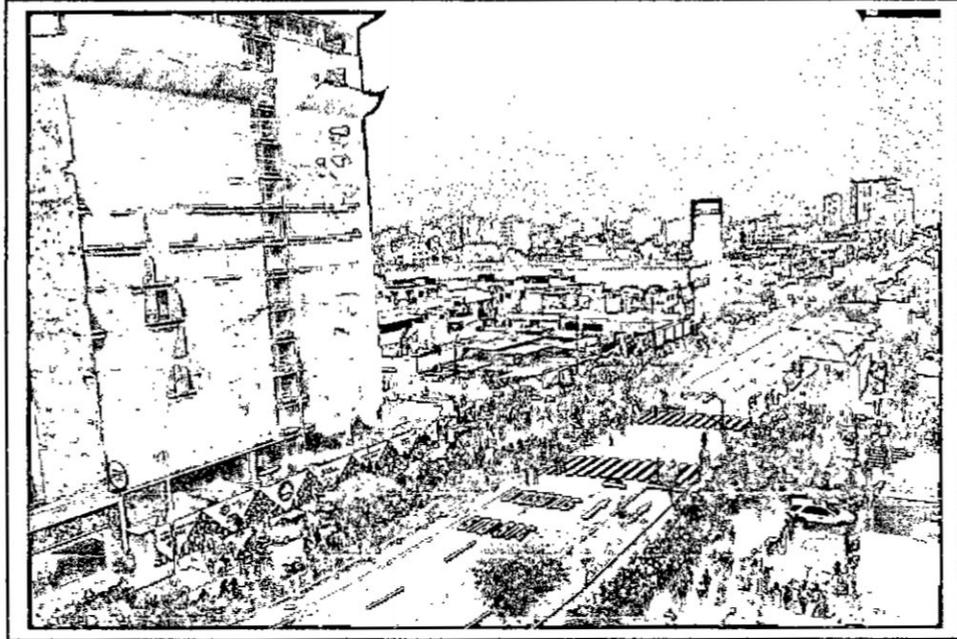


Figura 6.8. Nuevas edificaciones en la avenida Brasil (cuadras 12 a 15)

6.3 Condiciones meteorológicas de la zona de estudio

La zona de estudio presenta viento predominante proveniente del Oeste y con viento promedio de 1,6 m/s, esto se puede observar en la tabla 6.2.

El registro de las condiciones meteorológicas se han efectuado en los mismos puntos de monitoreo del ruido, confirmando que el viento circula predominantemente en sentido Oeste a Este.

Tabla 6.2. Resultados de las condiciones meteorológicas en los tres puntos de monitoreo

Estaciones Meteorológicas			
Punto de monitoreo	R1	R2	R3
Coordenadas UTM	0276571 8664461	0276702 8664651	0276649 8664529
Fecha	02-08-17	03-08-17	04-08-17
Temperatura promedio (°C)	17,6	18,6	17,9
Humedad promedio (%)	76,1	81,2	78,8
Velocidad del viento (m/s)	Máxima: 3,6 Mínima: 1,0 Promedio: 1,8	Máxima: 4,9 Mínima: 0,9 Promedio: 1.4	Máxima: 4,2 Mínima: 0,8 Promedio: 1,3
Dirección predominante del viento	Oeste-Este	Oeste-Este	Oeste-Este

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Niveles de ruido en la avenida Brasil

6.4.1 Puntos de monitoreo del nivel de ruido

Los niveles de ruidos en la avenida Brasil, entre las cuadras 12 y 15 se han registrado en tres puntos de monitoreo de manera simultánea, la ubicación de estos tres puntos son los que se ubican en la figura 6.9, donde se puede apreciar que los puntos R1 y R2 se encuentran al lado derecho de la vía auxiliar en sentido Este a Oeste, mientras que el otro punto,

R3 se encuentra en a vía auxiliar de la vía en sentido Oeste a Este.

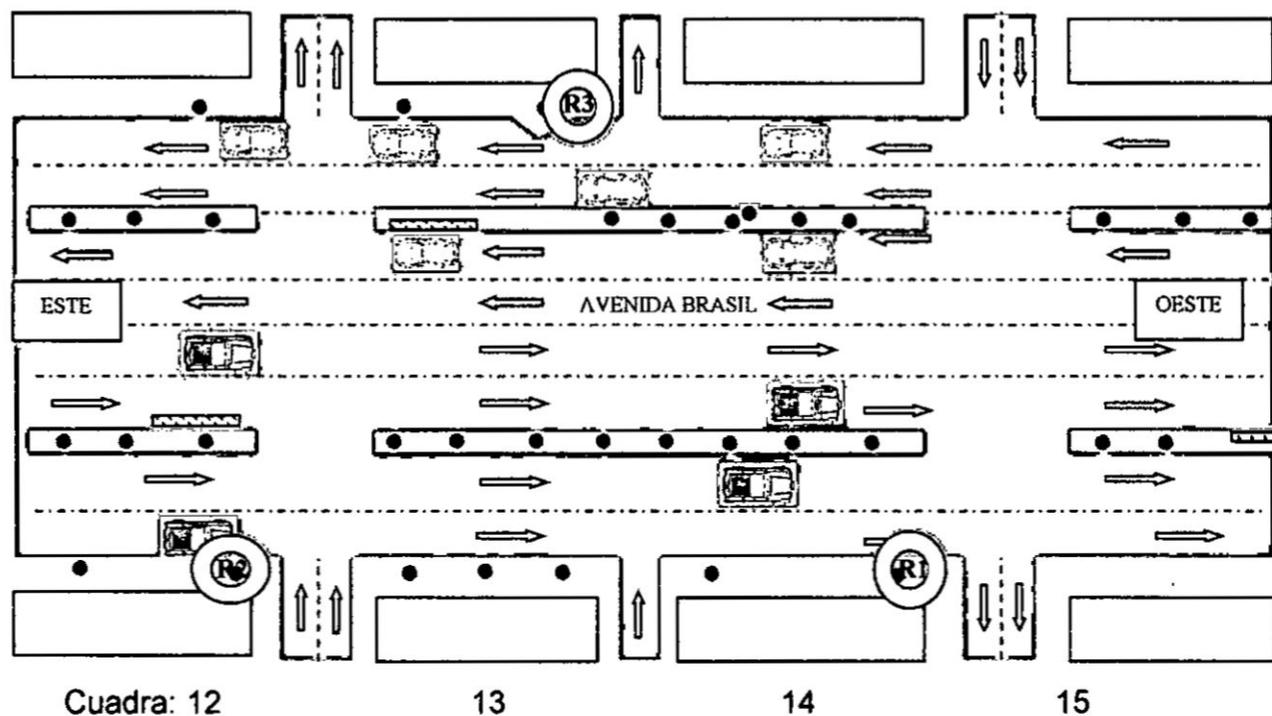


Figura 6.9. Ubicación de los puntos de monitoreo del ruido ambiental y condiciones meteorológicas en la Av. Brasil (cuadras 12 y 15)

La emisión de ruido por parte de la circulación de vehículos proviene de diferentes fuentes móviles, tal es el caso de vehículos que circulan por la vía principal y las vías auxiliares y que corresponden a la circulación de transporte público en la vía central y de vehículos particulares, taxis, y otros respectivamente, esto puede apreciarse en la figura 6.10, donde se muestra una vista de perfil de la Avenida Brasil.

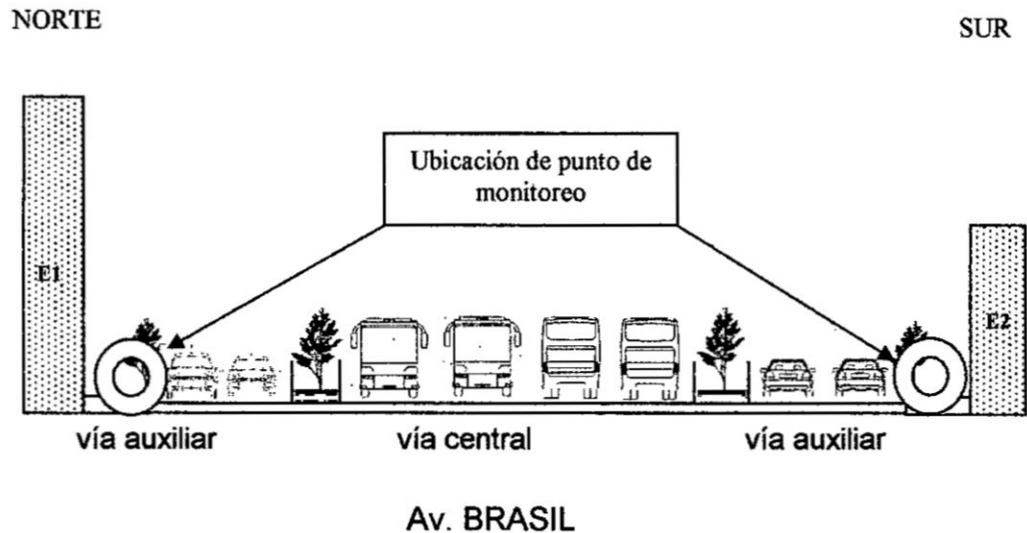


Figura 6.10. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Av. Brasil y vías auxiliares.

6.4.2. Registro de los niveles de ruido ambiental

Durante la etapa de registro de los niveles de ruido se cumplió con calibrar oportunamente los tres sonómetros y que operaran de manera sincronizada correspondientes a la marca SOUNDTEK con características integradoras.

El registro de los niveles de ruido se efectuó el día 02 de agosto del año 2017 en el horario diurno, tal como se muestra en la tabla 6.3. El horario es el mismo en los tres puntos de monitoreo dado que se han realizado de manera sincronizada con la asistencia de tres sonómetros de la marca SOUNDTEK.

Tabla 6.3. Horario de registro de los niveles de ruido en los puntos de monitoreo en la Av. Brasil (cuadras 12 y 15)

Condición	Punto	Ubicación	Altura (m)	Fecha	Horario (hh:mm)
Sentido E-O	R1	Intersección calle Coraceros con Av. Brasil	1,5	02 -08-17	07:00 – 11:30
	R2	Intersección Jr. Gral. Borgoño con Av. Brasil	1,5	02 -08-17	07:00 – 11:30
Sentido O-E	R3	Intersección Jr. Mariscal Luzuriaga con Av. Brasil	1,5	02 -08-17	07:00 – 11:30

Fuente: Elaboración propia.

Los sonómetros que registran el ruido ambiental se encuentra lo suficientemente alejado de elementos que pudieran interferir en la determinación del nivel sonoro (fuentes fijas de emisión sonora, árboles, postes de alumbrado eléctrico, etc.); incluso a una distancia razonable del operador del sonómetro para evitar el apantallamiento del equipo.

El tiempo de monitoreo en cada uno de los puntos sobrepasa los 30 minutos, cumpliendo con lo establecido en la norma NTP ISO 9001/AD1: Acústica y Medición de Ruido Ambiental y efectuados por 4,5 horas en horario diurno.



- **Niveles actuales del ruido ambiental en la Av. Brasil**

Para el caso de estudio, la fuente sería la emisión de ruido proveniente de tráfico vehicular considerado en la vía central así como de las dos vías auxiliares de la Av. Brasil. Los niveles actuales de nivel sonoro equivalente (Leq) en las vías auxiliares de la Av. Brasil y que se han registrado en forma sincronizada sobrepasan los ECA comercial (70 dBA), esto se puede observar en la tabla 6.4.

Tabla 6.4. Ruido Ambiental en puntos de monitoreo (dBA). 02-08-2017.

Punto	Ubicación	Lmin (dBA)	Lmax (dBA)	Leq (dBA)	ECA (dBA)
R1	Intersección calle Coraceros con Av. Brasil	68,8	97,8	76,6	70
R2	Intersección Jr. Gral. Borgoño con Av. Brasil	67,5	93,2	73,9	70
R3	Intersección Jr. Mariscal Luzuriaga con Av. Brasil	63,9	84,8	71,5	70

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.11, se puede apreciar el comportamiento del ruido ambiental urbano en la zona de estudio y que ha oscilado entre los 63,9 hasta los 97,8 dBA; los registros de valores mayores corresponden en el horario de la hora punta, es decir entre las 7:00 a las 8:00hr

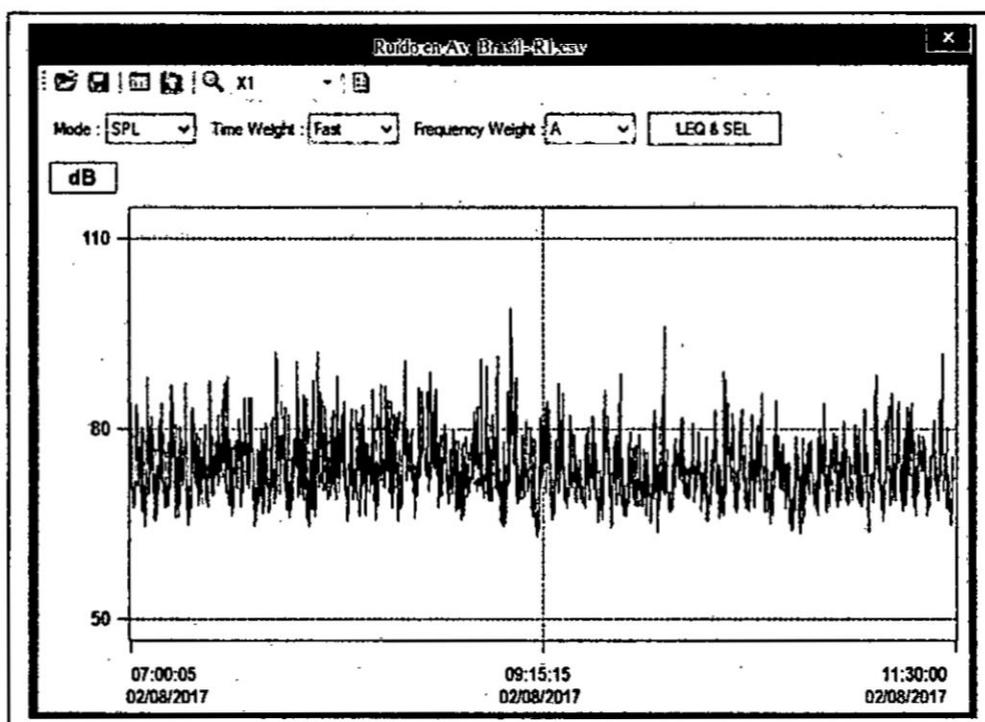


Figura 6.11. Comportamiento del ruido ambiental en la Av. Brasil (R1)

Los resultados registrados del nivel de ruido en los 3 puntos de interés el día 02 /08/2017 en la Av. Brasil (entre cuadras 12 a 15) en la ciudad de Lima entre la 7:00 am hasta las 11:30am, indican una Asimetría positiva en los tres puntos de interés con una media en el valor de los datos de 74,2

dBA, 72,9 dBA y 69,3 dBA tanto para R1, R2 y R3 respectivamente como se puede apreciar en la tabla 4.5.

Se puede apreciar una mayor semejanza en los valores promedio obtenidos en los puntos R1 y R2 a diferencia del R3, esto se debería a que ambos puntos de Monitoreo del ruido se encuentran al lado de la vía en sentido Este a Oeste, mientras que el punto R3 corresponde a la vía en sentido contrario, es decir de Oeste a Este.

Tabla 6.5. Registro de resultados estadísticos aplicando el programa SPSS.

Estadísticos					
		Ruido en R1	Ruido en R2	Ruido en R3	
N	Válido	16199	16199	16199	
	Perdidos	0	0	0	
	Media	74,243	72,943	69,324	
	Error estándar de la media	,0247	,0247	,0244	
	Mediana	73,900	72,600	69,000	
	Moda	74,3	73,0	69,4	
	Desviación estándar	3,1393	3,1388	3,0993	
	Varianza	9,855	9,852	9,606	
	Asimetría	,967	,956	,858	
	Error estándar de asimetría	,019	,019	,019	
	Curtosis	2,032	1,905	1,268	
	Error estándar de curtosis	,038	,038	,038	
	Rango	29,0	25,7	20,9	
	Mínimo	68,8	67,5	63,9	
	Máximo	97,8	93,2	84,8	
	Suma	1202660,8	1181608,1	1122971,4	

Fuente: Reporte del Análisis Estadístico aplicando en SPSS



Estos niveles de ruido obtenidos en horas de la mañana se deben en su mayoría al tráfico que se experimenta en la avenida Brasil, más aun si en la zona de estudio experimenta una notoria presencia de edificios multifamiliares en uso, así como en fase de construcción.

El horario de evaluación del nivel de ruido contempla el horario punta, el mismo que corresponde entre las 7:00 am y las 8:00 am, es en este horario que tiene la mayor presencia de tránsito de vehículos de transporte público, el mismo que se desplaza por las vía central en sentidos contrarios.

En el periodo de estudio no se pudieron registrar mayores cambios en las características de la vía, pero si en el tipo de edificaciones, en particular con la casi culminación de una edificación multifamiliar de 20 pisos ubicada entre las cuadras 14 y 15 de la avenida Brasil.

- **Condiciones del Flujo vehicular en la zona**

En la zona hay presencia de vehículos de transporte público así como de particulares, taxis y otros vehículos de media carga; la determinación se ha efectuado en dos condiciones de tráfico vehicular: normal (10:00 am) y en hora punta (7:30 am), esto se puede apreciar en la tabla 6.6.



Tabla 6.6. Flujo Vehicular en la zona de estudio según tipo de vehículos (02-08-2017)

Vía	Descripción	Estado	Vehículos/h		
			Ligeros	No ligeros	total
Av. Brasil	Vía segregada con 4 carriles centrales y dos vías auxiliares de doble carril cada uno	Normal	389	167	556
		Hora Punta	567	278	845

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.7. Tipo de transporte vehicular por la Av. Brasil

Flujo vehicular en toda la vía		Tipo de vehículo			
Condición	Veh/h	Buses	Taxis	particulares	Transp. mercancías
Normal	556	94	105	187	170
Hora punta	845	138	248	301	158

Fuente: Elaboración propia

6.5 Estimación de los niveles de ruido con el modelo TNM 2,5

6.5.1 Condiciones para la estimación del ruido con el modelo TNM 2,5

Para la estimación del ruido ambiental en los diferentes puntos de interés se ha hecho uso del Modelo TNM 2,5 de la Federal Highway Administration (FHWA) de Estados Unidos, que entre otros aspectos toma en cuenta características de la superficie, pendiente de la vía,

velocidad del tráfico, número de vehículos ligeros y pesados, etc.

Para la estimación del Nivel de Presión Sonora (NPS) contempla la fuente y factores de atenuación:

$$\text{NPS} = L_{\text{fuente}} + A_{\text{div}} + A_{\text{aire}} + A_{\text{suelo}} + A_{\text{misc}}$$

Dónde:

NPS: Nivel de presión sonora a una distancia d , dB(A)

L_{fuente} : Nivel sonoro de la fuente (móvil y/o fija), dB(A)

A_{div} : Atenuación por divergencia geométrica, dB(A)

A_{aire} : Atenuación por absorción del aire, dB(A).

A_{suelo} : Atenuación debida al suelo, dB(A)

A_{misc} : Atenuación por reflexión, vegetación, edificios, dB(A)

El programa TNM 2,5 (figura 6.12) permite efectuar las estimaciones de los niveles de ruido a partir de datos registrados en la zona de estudio así como el ingreso de diferentes características de la zona como son tipo de vía, número de vías, intersecciones, cruces peatonales, semaforización limitante del tránsito, áreas verdes, tipo y altura de edificaciones predominantes.



El modelo TNM 2,5 es aplicado para el estudio del comportamiento del ruido en vías de transporte, para este caso de estudio en una avenida de doble sentido con ocho vías de tránsito vehicular comprendidas entre las cuadras 12 hasta la cuadra 15 de la avenida Brasil, vía que delimita e distrito de Pueblo Libre con el distrito de Jesús María, en la ciudad de Lima.

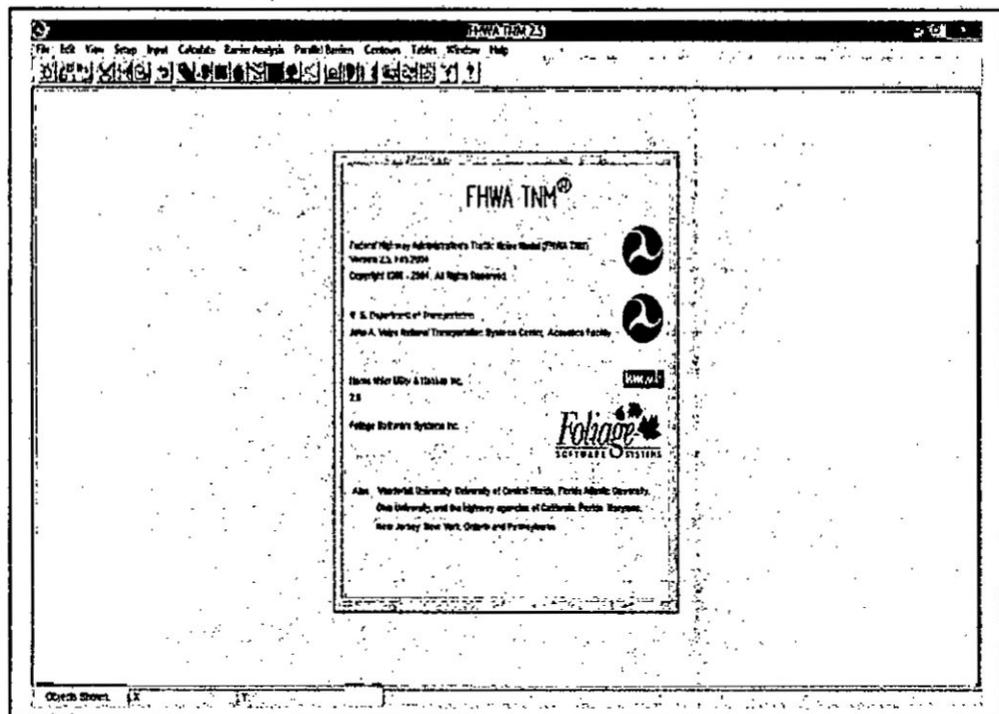


Figura 6.12. Aplicación de modelo TNM para la estimación del Nivel de Presión Sonora (NPS) en puntos de interés de la vía.

El uso del modelo TNM para predicción del ruido de carreteras exige algoritmos de cálculo matemático

aceptables con detalle de características y condiciones de elementos que definen la vía o zona de estudio.

Para poder evaluar el comportamiento del ruido en la zona de interés, se hizo el ingreso de la información según protocolo establecido por el modelo TNM 2,5 tanto de las condiciones de la zona como de sus características del mismo, y que a continuación se señalan:

- i) Pasos para ingreso de características de la zona:
 - 1. Edición de Edificaciones
 - 2. Edición de vías de transporte vehicular
 - 3. Edición de Zonas de tierra, grass o nieve
 - 4. Edición de zonas arbóreas
 - 5. Edición de barreras delimitantes
 - 6. Edición de puntos de receptores
- ii) Pasos para ingreso de condiciones de elementos presentes:
 - 1. Alturas de edificaciones
 - 2. Flujos de vehículos y restricciones de la vía de transporte vehicular
 - 3. Tipo de zona de tierra, grass o nieve
 - 4. Altura de las diferentes zonas arbóreas
 - 5. Altura y material de barreras delimitantes



6. Ubicación y posición de puntos de receptores

iii) Cálculo de los niveles de ruido en puntos receptores en condiciones de campo y a diferentes escenarios de tráfico vehicular normal y en hora punta.

6.5.2. Entrada de información para la estimación de los niveles de ruido por TNM 2,5

El modelo TNM 2,5 procesa la información obtenida en campo en cuanto a características de la vía y edificaciones en la zona así como los niveles de ruido registrados que sirven como referente para las estimaciones para escenarios esperados.

El ingreso de la información, especialmente en lo correspondiente a las edificaciones y elementos presentes en la vía, permite visualizar en diferentes ventanas del programa este detalle de información procesada.

En la figura 6.13 se puede visualizar la representación gráfica en 3D de los resultados que entrega el modelo TNM 2,5 y que corresponde a la estimación de los niveles de ruido en la avenida Brasil.



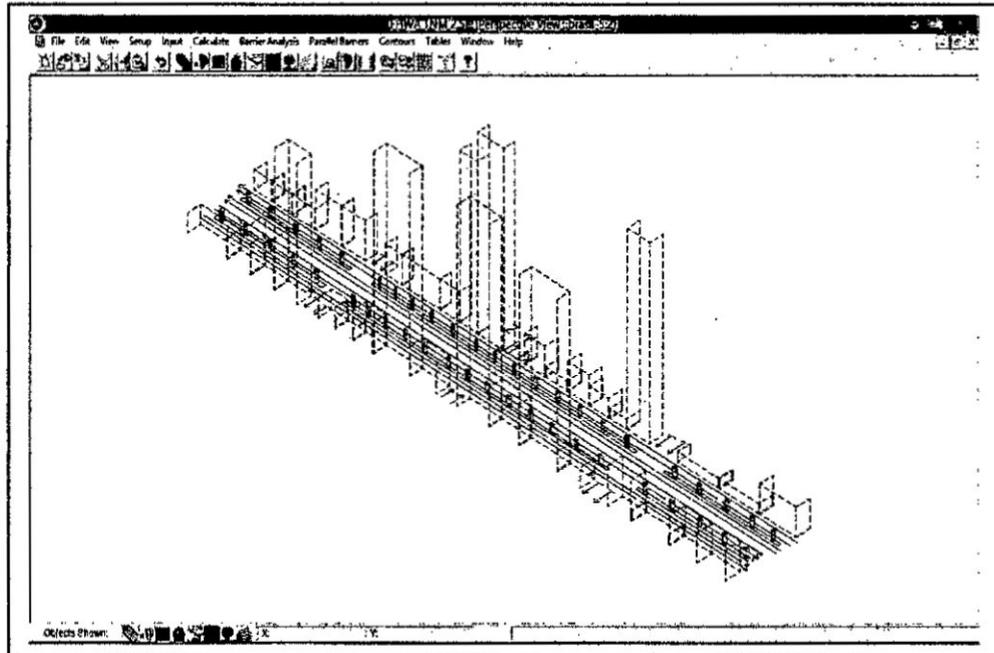


Figura 6.13. Vista de perspectiva (3D) con condiciones de elevación de los elementos considerados en zona de estudio.

6.5.3. Resultados de las estimaciones del nivel de ruido en la zona de estudio

Las estimaciones del Nivel de Presión Sonoro equivalente (NPS) se han realizado en los tres puntos considerados receptor (R1, R2 y R3), los resultados obtenidos en las estimaciones para dichos puntos indican que son muy cercanos a los niveles obtenidos en el momento del monitoreo.

La influencia del flujo de los vehículos sobre los NPS es determinante y en menor influencia los demás elementos característicos de la zona en estudio, estos resultados se pueden apreciar en la tabla 6.8. En todos los casos sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el ruido ambiental urbano.

Los resultados que presenta el modelo TNM en condiciones normales del tránsito vehicular en la avenida Brasil son muy cercanos a los registrados durante la etapa de monitoreo del ruido en los tres puntos de interés o puntos denominados receptor (R1, R2 y R3), esto puede verse en la tabla 4.8, el incremento estimado en el NPS por aumento del flujo de vehículos a la condición de flujo vehicular a hora punta oscila entre 2,1dB(A) a 2,4 dB(A), estos valores estimados serian siempre superior al estándar de ruido como residencial e incluso como zona comercial (70dBA), características que viene adoptando la zona por la presencia de diversas actividades comerciales.



Tabla 6.8. Resultados de Estimaciones del NPS en la avenida Brasil según escenarios presentes en la vía

Zona o Punto	Flujo vehicular en toda la vía		Leq (dB(A))		Incremento dB(A)	ECA diurno dB(A)
	Condición	Veh/h	En monitoreo	Estimado por modelo TNM		
R1	Normal	556	76,6	76,8		60
	Hora punta	845		79,2	+ 2,4	60
R2	Normal	556	73,9	74,4		60
	Hora punta	845		76,7	+ 2,3	60
R3	Normal	556	71,5	71,8		60
	Hora punta	845		73,9	+ 2,1	60

Fuente: Elaboración propia.



VII. DISCUSION

7.1 Conclusiones

1. Los tres puntos de monitoreo del nivel de ruido son representativos de la zona y que representan la intersección de la vía principal con vías que intersectan y que hay presencia de semáforos (R1 y R2) o es una vía de retiro de la vía principal (R3)., este número de puntos de muestreo son más representativos que los 18 puntos de monitoreo del ruido indicados para la Ciudad de Ciencias en San Juan de Puerto Rico realizado el año 2010 por la CMA Architect & Engineers LLP,. donde los considera principalmente en la Categoría B "...Áreas de pasadías , áreas de recreación, campos de juego, áreas de deportes activos, parques, residencias, moteles, hoteles, escuelas, iglesias, bibliotecas y hospitales.."
2. La frecuencia de lectura de los niveles de ruido en cada uno de los tres puntos de monitoreo en la avenida Brasil son considerados de alta confiabilidad dado que se han registrado al segundo y durante 4,5 horas de registro (entre las 7:00 hr a las 11:30 hr) a diferencia de las 3 horas (7:00 am a 10:00 am) consideradas en el estudio de realizado por la CMA Architects & Engineers LLP (por encargo de Puerto Rico Science, Technology & Research Trust) en el Estudio de Ruido para la carretera Estatal PR-21 y la Avenida De Diego en



la Ciudad de las Ciencias, en San Juan de Puerto Rico (16 de abril de 2008); por otro lado el registro al segundo realizado en el presente estudio es más confiable que el monitoreo realizado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el informe denominado Evaluación Rápida del Nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna.

3. En la Avenida Brasil hay una predominancia de edificaciones de viviendas multifamiliares denominados Condominios Residenciales así como edificaciones de diversas actividades comerciales y centros de educación técnica superior. La altura del edificio mayor es de 20 pisos y está presente tanto en la cuadra 13 y 14 de la avenida Brasil, esta característica lo convierte es una especie de cañón recto delimitado por la edificación; El promedio de la altura de las edificaciones mayores de 4 pisos es de 17 pisos en promedio, superando el promedio de 13 pisos de proyectos en desarrollo que informó la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) en su publicación titulada El Mercado de Edificaciones Urbanas en Lima Metropolitana y el Callao 2015.
4. En la zona de estudio se hace presente diversos tipos de transporte vehicular y que circulan por los dos tipos de vías:



- a. Vías de transporte de vehículos en ambos sentidos de la vía de estudio.
- b. Vías de transporte de vehículos que intersectan la vía principal

El flujo registrado en todo el periodo de estudio arroja un valor de 556 vehículos/h considerado habitual o normal, mientras que para la hora punta (7:00 am a 8:00 am) fue de 845 vehículos/h, con un 33% y 35% de vehículos ligeros (taxis y particulares) respectivamente.

- 5. El ruido registrado durante el monitoreo en los tres puntos de monitoreo de la Avenida Brasil es de 71,5 dBA a 76,6 dBA a condición de flujo vehicular normal, estos valores obtenidos se encuentran dentro del rango que se indicó en el Informe de la OEFA para los 39 puntos de Lima Metropolitana en el 2010 que va de 69.60 dB a 81.70 dB (Informe del año 2011 por la OEFA sobre Evaluación Rápida del Nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna).
- 6. Las estimaciones que realiza el programa TNM2,5 para la zona de estudio en los dos escenarios estudiados de flujo vehicular normal y a hora punta son para el primero muy similares a los valores



obtenidos en la etapa de campo, mientras para el segundo escenario (hora punta) considera un incremento entre 2,1 dBA a 2,4 dBA para el Nivel de ruido en la vía.

7.2 Recomendaciones

1. El registro adecuado de los niveles de ruido por un periodo mayor de 30 minutos minimizan los errores que conlleva lecturas puntuales por periodos cortos de tiempo.
2. Para estudios de simulación el registro del sonómetro debe darse con lecturas al segundo, lo cual conlleva a una data elevada de valores, por lo que es necesario que el equipo cuente con un dataloger para el almacenamiento de la información, exportación y posterior análisis.
3. El registro de los niveles de ruido deben realizarse de manera sincronizada en los puntos considerados como receptor, para ello los equipos además de registrar en simultaneo deben ser calibrados antes de empezar la toma de información.
4. Es importante considerar la totalidad de la información solicitada por el modelo TNM 2,5 de la FHWA para que haga las corridas



respectivas según escenarios que quieran analizarse; que muchas veces no se cuenta disponible (o no se registra) la información de las condiciones meteorológicas, pero estas permiten el ajuste de los factores de atenuación en el modelo.



VIII. REFERENCIALES

- 8.1 A. L. Hastings, J. L. Rochat, Ground and pavement effects using FHWA's traffic noise model version 2.5, Cambridge, MA: Volpe National Transportation Systems Center Acoustics Facility, 2010.
- 8.2 Anderson, G.S., Menge, C.W., Rossano, C.F., Armstrong, R.E., Ronning, S.A., Flemming, G.G. & Lee, C.S.Y., FHWA traffic noise model, version 1.0: introduction to its capacities and screen components. *The Wall Journal*, 22, pp. 14–17, 1996.
- 8.3 Anon., Predicting Road Traffic Noise, United Kingdom Department of the Environment/HMSO: London.2004.
- 8.4 Bengang, Li., Shu-Tao & Dawson, W., A GIS based road traffic noise prediction model. *Applied Acoustics*, 63(6), pp. 679–691, 2002.
- 8.5 Bradely J. S. & Jonah B. A. 1977, A Field Study of Human Responses to Road Traffic Noise and to Aircraft Noise. Report SV-77-2, Faculty of Engineering Science, University of Western Ontario.
- 8.6 Brown A L, 1989, 'Some Simple Transformations for Road Traffic Noise Scales', *Australian Road Research*, Melbourne, pp. 309–12 vol. 19, no.4, December.
- 8.7 Brown, A. L 1994, Road Traffic Noise—the Extent of the National Problem. Proc. 1994 Conference of the Australian Acoustical Society, 150–5.
- 8.8 Brown, A. L. & Rutherford, S. 1991, Criteria for the Control of Night-time Road Traffic Noise: Directions from the Current Research Literature, Report for the NSW RTA, School of Environmental Studies, Griffith University.
- 8.9 Bullen, R., Hede, A. & Williams, T. 1996, 'Sleep Disturbance Due to Environmental Noise: A Proposed Assessment Index', *Acoustic Australia*, vol. 24 no. 3.
- 8.10 Campbell, S., A critical review of some traffic noise prediction models. *Journal of Applied Acoustics*, 62, pp. 271–287, 2001.

- 8.11 CMA Architects & Engineers LLP, 2008. Estudio Niveles de Ruido, Ciudad de las Ciencias , San Juan, Puerto Rico.
- 8.12 Cyril M. Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. Mc Graw Hill. Interamericana de España S.A. 1995.
- 8.13 Delany, M.E., Harland, D.G., Hood, R.A. & Scholes, W.E., The prediction of noise levels L10 due to road traffic. Journal of Sound and Vibration, 48(3), pp. 305–325, 1976.
- 8.14 Eberhardt, J. L. 1988, 'The Influence of Road Traffic Noise on Sleep', JS&V vol. 127(3).
- 8.15 Eberhardt, J. L., Strale, L. & Berlin, M. 1987, 'The Influence of Continuous and Intermittent Traffic Noise on Sleep', JS&V vol. 116(3).
- 8.16 Finegold L. S., Harris C. S. & von Gierke H. E. 1994, 'Community Annoyance and Sleep Disturbance: Updated Criteria for Assessing the Impacts of General Transportation Noise on People', Noise Control Engineering 42(1).
- 8.17 Hede, A. J. 1995, Traffic Noise Level—An Improved Index for Estimating Community Exposure. Proc. 1985 Conference of the Australian Acoustical Society, 13–18.
- 8.18 Lambert, J. & Vallet, M. 1993, 'Recherche d'un Indice Acoustique de Gene Nocturne Liee au Trafic Routier, INRETS, France.
- 8.19 N. Shu, L. F. Cohn, R. A. Harris, T. K. Kim, W. S. Li, Comparative evaluation of the ground reflection algorithm in FHWA Traffic Noise Model (TNM 2.5), Applied Acoustics, 2007, 68, 1459–1467.
- 8.20 Nemecek, J., Wehrli, B. & Turrian, V. 1981, 'Effects of the Noise of Street Traffic in Switzerland: A Review of Four Surveys', JS&V vol. 78, 231.
- 8.21 Nirjar, R.S., Jain, S.S., Parida, M. & Katiyar, V.S., Study of transport related noise pollution in Delhi. J. Institution of Engineers (India), Environmental Engineering Division, 84, pp. 6–15, 2003.
- 8.22 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).2011. Evaluación Rápida del Nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades. de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna.



- 8.23 Saunders R. E., Samuels S. E., Leach R. & Hall A., 1983, An Evaluation of the UK DoE Traffic Noise Prediction Method, ARRB Research Report, Melbourne.
- 8.24 Vernet, M. 1979, 'Effect of Train Noise on Sleep for People Living in Houses Bordering the Railway Line' JS&V vol. 66(3).



IX. APÉNDICES

- Apéndice 9.1. Distribución de frecuencias del ruido en R1
- Apéndice 9.2. Distribución de frecuencias del ruido en R2
- Apéndice 9.3. Distribución de frecuencias del ruido en R2
- Apéndice 9.4. Correlación de los niveles de ruido en R1, R2 y R3



Apéndice 9.1. Distribución de frecuencias del ruido en R1

Ruido en R1					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	68,8	141	,9	,9	,9
	68,9	98	,6	,6	1,5
	69,0	76	,5	,5	1,9
	69,1	34	,2	,2	2,2
	69,2	95	,6	,6	2,7
	69,3	58	,4	,4	3,1
	69,4	77	,5	,5	3,6
	69,5	65	,4	,4	4,0
	69,6	57	,4	,4	4,3
	69,7	129	,8	,8	5,1
	69,8	95	,6	,6	5,7
	69,9	138	,9	,9	6,6
	70,0	110	,7	,7	7,2
	70,1	68	,4	,4	7,7
	70,2	84	,5	,5	8,2
	70,3	96	,6	,6	8,8
	70,4	98	,6	,6	9,4
	70,5	166	1,0	1,0	10,4
	70,6	147	,9	,9	11,3
	70,7	89	,5	,5	11,9
	70,8	171	1,1	1,1	12,9
	70,9	116	,7	,7	13,6
	71,0	182	1,1	1,1	14,8
	71,1	159	1,0	1,0	15,7
	71,2	152	,9	,9	16,7
	71,3	121	,7	,7	17,4
	71,4	138	,9	,9	18,3
	71,5	155	1,0	1,0	19,2
	71,6	111	,7	,7	19,9
	71,7	143	,9	,9	20,8

71,8	156	1,0	1,0	21,8
71,9	165	1,0	1,0	22,8
72,0	204	1,3	1,3	24,0
72,1	195	1,2	1,2	25,2
72,2	174	1,1	1,1	26,3
72,3	180	1,1	,8	27,4
72,4	132	,8	1,1	28,2
72,5	202	1,2	,8	29,5
72,6	244	1,5	1,2	31,0
72,7	229	1,2	1,5	32,4
72,8	195	1,4	1,4	33,6
72,9	192	1,2	1,2	34,8
73,0	207	1,2	1,2	36,1
73,1	174	1,2	1,3	37,2
73,2	236	1,3	1,1	38,6
73,3	241	1,1	1,5	40,1
73,4	187	1,5	1,5	41,2
73,5	273	1,5	1,2	42,9
73,6	274	1,2	1,7	44,6
73,7	346	1,7	1,7	46,8
73,8	266	1,7	2,1	48,4
73,9	338	2,1	1,6	50,5
74,0	380	1,6	2,1	52,8
74,1	388	2,1	2,3	55,2
74,2	289	2,3	2,4	57,0
74,3	435	2,4	1,8	59,7
74,4	300	1,8	2,7	61,6
74,5	207	2,7	1,9	62,8
74,6	161	1,9	1,3	63,8
74,7	160	1,3	1,0	64,8
74,8	144	1,0	1,0	65,7
74,9	219	1,0	,9	67,1
75,0	157	,9	1,4	68,0
75,1	167	1,4	1,0	69,1
75,2	143	1,0	1,0	69,9
		,9	,9	

DP

75.3	127	,8	,8	70.7
75.4	119	,7	,7	71.5
75.5	113	,7	,7	72.2
75.6	176	1,1	1,1	73.2
75.7	131	,8	,8	74.0
75.8	150	,9	,9	75.0
75.9	99	,6	,6	75.6
76.0	96	,6	,6	76.2
76.1	135	,8	,8	77.0
76.2	115	,7	,7	77.7
76.3	115	,8	,8	78.4
76.4	141	,7	,7	79.3
76.5	113	,9	,9	80.0
76.6	100	,7	,7	80.6
76.7	129	,6	,6	81.4
76.8	94	,8	,8	82.0
76.9	106	,6	,6	82.6
77.0	103	,7	,7	83.3
77.1	71	,6	,6	83.7
77.2	118	,7	,7	84.4
77.3	78	,4	,4	84.9
77.4	58	,7	,5	85.3
77.5	105	,5	,4	85.9
77.6	89	,6	,6	86.5
77.7	94	,6	,5	87.1
77.8	91	,6	,6	87.6
77.9	90	,6	,6	88.2
78.0	55	,6	,6	88.5
78.1	49	,6	,3	88.8
78.2	108	,3	,3	89.5
78.3	65	,3	,7	89.9
78.4	50	,7	,4	90.2
78.5	60	,4	,3	90.6
78.6	51	,3	,4	90.9
78.7	47	,4	,3	91.2

[Handwritten signature]

78,8	72	,4	,4	91,6
78,9	49	,3	,3	91,9
79,0	46	,3	,3	92,2
79,1	91	,6	,6	92,8
79,2	54	,3	,3	93,1
79,3	51	,3	,3	93,4
79,4	41	,3	,3	93,7
79,5	53	,3	,3	94,0
79,6	15	,1	,1	94,1
79,7	19	,1	,1	94,2
79,8	73	,5	,5	94,7
79,9	29	,2	,2	94,8
80,0	35	,2	,2	95,1
80,1	52	,3	,3	95,4
80,2	25	,2	,2	95,5
80,3	31	,2	,2	95,7
80,4	32	,2	,2	95,9
80,5	40	,2	,2	96,2
80,6	5	,0	,0	96,2
80,7	28	,2	,2	96,4
80,8	27	,2	,2	96,5
80,9	35	,2	,2	96,8
81,0	33	,2	,2	97,0
81,1	17	,1	,1	97,1
81,2	8	,0	,0	97,1
81,3	19	,1	,1	97,2
81,4	40	,2	,2	97,5
81,5	27	,2	,2	97,6
81,6	7	,0	,0	97,7
81,7	13	,1	,1	97,8
81,8	6	,0	,0	97,8
81,9	8	,0	,0	97,9
82,0	21	,1	,1	98,0
82,1	20	,1	,1	98,1
82,2	4	,0	,0	98,1

[Handwritten signature]
73

82,3	2	,0	,0	98,1
82,4	13	,1	,1	98,2
82,5	21	,1	,1	98,4
82,6	18	,1	,1	98,5
82,7	9	,1	,1	98,5
82,8	8	,0	,0	98,6
82,9	11	,1	,1	98,6
83,0	7	,0	,0	98,7
83,2	22	,1	,1	98,8
83,3	8	,0	,0	98,9
83,5	7	,0	,0	98,9
83,6	7	,0	,0	99,0
83,7	13	,1	,1	99,0
83,8	4	,0	,0	99,1
83,9	10	,1	,1	99,1
84,0	6	,0	,0	99,2
84,1	4	,0	,0	99,2
84,3	19	,1	,1	99,3
84,5	4	,0	,0	99,3
84,7	4	,0	,0	99,3
84,9	8	,0	,0	99,4
85,0	4	,0	,0	99,4
85,1	24	,1	,1	99,6
85,3	4	,0	,0	99,6
85,4	4	,0	,0	99,6
85,6	4	,0	,0	99,6
85,7	4	,0	,0	99,7
85,8	4	,0	,0	99,7
86,2	8	,0	,0	99,7
86,7	4	,0	,0	99,8
86,9	8	,0	,0	99,8
87,0	4	,0	,0	99,8
88,9	4	,0	,0	99,9
89,7	4	,0	,0	99,9
90,2	4	,0	,0	99,9

90,5	4	,0	,0	99,9
92,5	4	,0	,0	100,0
92,9	4	,0	,0	100,0
96,9	1	,0	,0	100,0
97,8	1	,0	,0	100,0
Total	16199	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia – Análisis Programa SPSS



Apéndice 9.2. Distribución de frecuencias del ruido en R2

Ruido en R2					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	67,5	141	,9	,9	,9
	67,6	98	,6	,6	1,5
	67,7	76	,5	,5	1,9
	67,8	34	,2	,2	2,2
	67,9	95	,6	,6	2,7
	68,0	58	,4	,4	3,1
	68,1	77	,5	,5	3,6
	68,2	65	,4	,4	4,0
	68,3	57	,4	,4	4,3
	68,4	129	,8	,8	5,1
	68,5	95	,6	,6	5,7
	68,6	138	,9	,9	6,6
	68,7	110	,7	,7	7,2
	68,8	68	,4	,4	7,7
	68,9	84	,5	,5	8,2
	69,0	96	,6	,6	8,8
	69,1	98	,6	,6	9,4
	69,2	166	1,0	1,0	10,4
	69,3	147	,9	,9	11,3
	69,4	89	,5	,5	11,9
	69,5	171	1,1	1,1	12,9
	69,6	116	,7	,7	13,6
	69,7	182	1,1	1,1	14,8
	69,8	159	1,0	1,0	15,7
	69,9	152	,9	,9	16,7
	70,0	121	,7	,7	17,4
	70,1	138	,9	,9	18,3
	70,2	155	1,0	1,0	19,2
	70,3	111	,7	,7	19,9
	70,4	143	,9	,9	20,8
	70,5	156	1,0	1,0	21,8

70,6	165	1,0	1,0	22,8
70,7	203	1,3	1,3	24,0
70,8	195	1,2	1,2	25,2
70,9	174	1,1	1,1	26,3
71,0	180	1,1	1,1	27,4
71,1	132	,8	,8	28,2
71,2	202	1,2	1,2	29,5
71,3	244	1,5	1,5	31,0
71,4	229	1,4	1,4	32,4
71,5	195	1,2	1,2	33,6
71,6	192	1,2	1,2	34,8
71,7	207	1,3	1,3	36,1
71,8	174	1,1	1,1	37,1
71,9	236	1,5	1,5	38,6
72,0	242	1,5	1,5	40,1
72,1	187	1,2	1,2	41,2
72,2	273	1,7	1,7	42,9
72,3	275	1,7	1,7	44,6
72,4	346	2,1	2,1	46,8
72,5	266	1,6	1,6	48,4
72,6	339	2,1	2,1	50,5
72,7	379	2,3	2,3	52,8
72,8	388	2,4	2,4	55,2
72,9	288	1,8	1,8	57,0
73,0	435	2,7	2,7	59,7
73,1	300	1,9	1,9	61,6
73,2	208	1,3	1,3	62,8
73,3	161	1,0	1,0	63,8
73,4	159	1,0	1,0	64,8
73,5	144	,9	,9	65,7
73,6	219	1,4	1,4	67,1
73,7	156	1,0	1,0	68,0
73,8	166	1,0	1,0	69,0
73,9	143	,9	,9	69,9
74,0	127	,8	,8	70,7

74,1	120	,7	,7	71,4
74,2	113	,7	,7	72,1
74,3	177	1,1	1,1	73,2
74,4	131	,8	,8	74,0
74,5	151	,9	,9	75,0
74,6	99	,6	,6	75,6
74,7	95	,6	,6	76,2
74,8	136	,8	,8	77,0
74,9	115	,7	,7	77,7
75,0	115	,7	,7	78,4
75,1	141	,9	,9	79,3
75,2	113	,7	,7	80,0
75,3	100	,6	,6	80,6
75,4	129	,8	,8	81,4
75,5	94	,6	,6	82,0
75,6	107	,7	,7	82,7
75,7	103	,6	,6	83,3
75,8	70	,4	,4	83,7
75,9	119	,7	,7	84,5
76,0	78	,5	,5	84,9
76,1	58	,4	,4	85,3
76,2	105	,6	,6	85,9
76,3	88	,5	,5	86,5
76,4	95	,6	,6	87,1
76,5	91	,6	,6	87,6
76,6	90	,6	,6	88,2
76,7	54	,3	,3	88,5
76,8	48	,3	,3	88,8
76,9	108	,7	,7	89,5
77,0	65	,4	,4	89,9
77,1	50	,3	,3	90,2
77,2	60	,4	,4	90,6
77,3	51	,3	,3	90,9
77,4	47	,3	,3	91,2
77,5	71	,4	,4	91,6

77,6	49	,3	,3	91,9
77,7	46	,3	,3	92,2
77,8	92	,6	,6	92,8
77,9	54	,3	,3	93,1
78,0	51	,3	,3	93,4
78,1	42	,3	,3	93,7
78,2	53	,3	,3	94,0
78,3	15	,1	,1	94,1
78,4	18	,1	,1	94,2
78,5	73	,5	,5	94,7
78,6	28	,2	,2	94,8
78,7	35	,2	,2	95,0
78,8	51	,3	,3	95,4
78,9	26	,2	,2	95,5
79,0	31	,2	,2	95,7
79,1	32	,2	,2	95,9
79,2	39	,2	,2	96,2
79,3	4	,0	,0	96,2
79,4	28	,2	,2	96,4
79,5	27	,2	,2	96,5
79,6	35	,2	,2	96,7
79,7	33	,2	,2	96,9
79,8	17	,1	,1	97,0
79,9	8	,0	,0	97,1
80,0	19	,1	,1	97,2
80,1	40	,2	,2	97,5
80,2	27	,2	,2	97,6
80,3	7	,0	,0	97,7
80,4	13	,1	,1	97,7
80,5	6	,0	,0	97,8
80,6	8	,0	,0	97,8
80,7	20	,1	,1	98,0
80,8	20	,1	,1	98,1
80,9	4	,0	,0	98,1
81,0	2	,0	,0	98,1

81,1	13	.1	.1	98,2
81,2	21	.1	.1	98,3
81,3	18	.1	.1	98,4
81,4	10	.1	.1	98,5
81,5	8	.1	.1	98,5
81,6	11	.0	.1	98,6
81,7	7	.1	.0	98,7
81,9	22	.0	.1	98,8
82,0	8	.1	.0	98,8
82,2	7	.0	.1	98,9
82,3	7	.0	.0	98,9
82,4	7	.0	.0	99,0
82,5	13	.0	.1	99,0
82,6	4	.1	.0	99,1
82,7	10	.0	.1	99,1
82,8	6	.1	.0	99,2
83,0	4	.0	.1	99,3
83,2	21	.0	.0	99,3
83,4	4	.1	.0	99,3
83,6	4	.0	.1	99,4
83,7	8	.0	.0	99,6
83,8	4	.0	.0	99,6
84,0	25	.0	.0	99,6
84,1	4	.2	.0	99,7
84,3	4	.0	.2	99,7
84,4	4	.0	.0	99,8
84,5	4	.0	.0	99,8
84,9	4	.0	.0	99,9
85,4	8	.0	.0	99,9
85,6	4	.0	.0	99,9
85,7	8	.0	.0	99,9
87,6	4	.0	.0	99,9
88,4	4	.0	.0	99,9
88,9	4	.0	.0	99,9
89,2	4	.0	.0	99,9

91,2	4	,0	,0	100,0
91,6	4	,0	,0	100,0
93,2	2	,0	,0	100,0
Total	16199	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia – Análisis Programa SPSS



Apéndice 9.3. Distribución de frecuencias del ruido en R3

Ruido en R3				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	63,9	141	,9	,9
	64,0	98	,6	1,5
	64,1	76	,5	1,9
	64,2	34	,2	2,2
	64,3	95	,6	2,7
	64,4	58	,4	3,1
	64,5	77	,5	3,6
	64,6	65	,4	4,0
	64,7	57	,4	4,3
	64,8	130	,8	5,1
	64,9	96	,6	5,7
	65,0	138	,9	6,6
	65,1	110	,7	7,3
	65,2	68	,4	7,7
	65,3	84	,5	8,2
	65,4	96	,6	8,8
	65,5	98	,6	9,4
	65,6	167	1,0	10,4
	65,7	148	,9	11,3
	65,8	89	,5	11,9
	65,9	172	1,1	12,9
	66,0	116	,7	13,7
	66,1	183	1,1	14,8
	66,2	159	1,0	15,8
	66,3	152	,9	16,7
	66,4	122	,8	17,5
	66,5	139	,9	18,3
	66,6	155	1,0	19,3
	66,7	111	,7	20,0
	66,8	143	,9	20,8
	66,9	156	1,0	21,8

67,0	165	1,0	1,0	22,8
67,1	205	1,3	1,3	24,1
67,2	196	1,2	1,2	25,3
67,3	175	1,1	1,1	26,4
67,4	181	1,1	1,1	27,5
67,5	132	,8	,8	28,3
67,6	203	1,3	1,3	29,6
67,7	244	1,5	1,5	31,1
67,8	229	1,4	1,4	32,5
67,9	195	1,2	1,2	33,7
68,0	7	,0	,0	33,7
68,0	192	1,2	1,2	34,9
68,1	208	1,3	1,3	36,2
68,2	174	1,1	1,1	37,3
68,3	236	1,5	1,5	38,7
68,4	242	1,5	1,5	40,2
68,5	187	1,2	1,2	41,4
68,6	275	1,7	1,7	43,1
68,7	275	1,7	1,7	44,8
68,8	347	2,1	2,1	46,9
68,9	267	1,6	1,6	48,6
69,0	2	,0	,0	48,6
69,0	337	2,1	2,1	50,7
69,1	381	2,4	2,4	53,0
69,2	388	2,4	2,4	55,4
69,3	288	1,8	1,8	57,2
69,4	435	2,7	2,7	59,9
69,5	300	1,9	1,9	61,7
69,6	207	1,3	1,3	63,0
69,7	161	1,0	1,0	64,0
69,8	160	1,0	1,0	65,0
69,9	146	,9	,9	65,9
70,0	220	1,4	1,4	67,2
70,1	156	1,0	1,0	68,2
70,2	165	1,0	1,0	69,2

70,3	144	,9	,9	70,1
70,4	127	,8	,8	70,9
70,5	120	,7	,7	71,6
70,6	112	,7	,7	72,3
70,7	175	1,1	1,1	73,4
70,8	130	,8	,8	74,2
70,9	149	,9	,9	75,1
71,0	99	,6	,6	75,7
71,1	94	,6	,6	76,3
71,2	136	,8	,8	77,2
71,3	115	,7	,7	77,9
71,4	114	,7	,7	78,6
71,5	140	,9	,9	79,4
71,6	113	,7	,7	80,1
71,7	100	,6	,6	80,8
71,8	128	,8	,8	81,5
71,9	93	,6	,6	82,1
72,0	105	,6	,6	82,8
72,1	102	,6	,6	83,4
72,2	70	,6	,6	83,8
72,3	118	,4	,4	84,6
72,4	78	,7	,7	85,0
72,5	57	,5	,5	85,4
72,6	105	,4	,4	86,0
72,7	89	,6	,6	86,6
72,8	93	,5	,5	87,2
72,9	91	,6	,6	87,7
73,0	90	,6	,6	88,3
73,1	54	,6	,6	88,6
73,2	48	,3	,3	88,9
73,3	107	,3	,3	89,6
73,4	64	,7	,7	90,0
73,5	50	,4	,4	90,3
73,6	60	,3	,3	90,6
73,7	51	,4	,4	91,0
		,3	,3	

[Handwritten signature]

73,8	47	,3	,3	91,3
73,9	72	,4	,4	91,7
74,0	49	,3	,3	92,0
74,1	46	,3	,3	92,3
74,2	91	,6	,6	92,8
74,3	54	,3	,3	93,2
74,4	50	,3	,3	93,5
74,5	41	,3	,3	93,7
74,6	53	,3	,3	94,1
74,7	15	,1	,1	94,2
74,8	19	,1	,1	94,3
74,9	72	,4	,4	94,7
75,0	29	,2	,2	94,9
75,1	35	,2	,2	95,1
75,2	52	,3	,3	95,4
75,3	25	,2	,2	95,6
75,4	31	,2	,2	95,8
75,5	32	,2	,2	96,0
75,6	40	,2	,2	96,2
75,7	5	,0	,0	96,3
75,8	4	,0	,0	96,3
75,8	28	,2	,2	96,5
75,9	27	,2	,2	96,6
76,0	35	,2	,2	96,8
76,1	33	,2	,2	97,0
76,2	17	,1	,1	97,1
76,3	8	,0	,0	97,2
76,4	19	,1	,1	97,3
76,5	40	,2	,2	97,6
76,6	26	,2	,2	97,7
76,7	7	,0	,0	97,8
76,8	13	,1	,1	97,8
76,9	6	,0	,0	97,9
77,0	8	,0	,0	97,9
77,1	21	,1	,1	98,1



84,0	4	,0	,0	99,9
84,0	4	,0	,0	100,0
84,8	4	,0	,0	100,0
84,8	4	,0	,0	100,0
Total	16199	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia – Análisis Programa SPSS



Apéndice 9.4. Correlación de los niveles de ruido en R1, R2 y R3

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Ruido en R1	74,243	3,1393	16199
Ruido en R2	72,943	3,1388	16199
Ruido en R3	69,324	3,0993	16199

Correlaciones

		Ruido en R1	Ruido en R2	Ruido en R3
Ruido en R1	Correlación de Pearson	1	,997**	,990**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	16199	16199	16199
Ruido en R2	Correlación de Pearson	,997**	1	,990**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	16199	16199	16199
Ruido en R3	Correlación de Pearson	,990**	,990**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	16199	16199	16199

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia – Análisis Programa SPSS



Correlaciones

			Ruido en R1	Ruido en R2	Ruido en R3
tau_b de Kendall	Ruido en R1	Coefficiente de correlación	1,000	,999**	,995**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	16199	16199	16199
	Ruido en R2	Coefficiente de correlación	,999**	1,000	,995**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	16199	16199	16199
	Ruido en R3	Coefficiente de correlación	,995**	,995**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	16199	16199	16199
Rho de Spearman	Ruido en R1	Coefficiente de correlación	1,000	1,000**	,996**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	16199	16199	16199
	Ruido en R2	Coefficiente de correlación	1,000**	1,000	,996**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	16199	16199	16199
	Ruido en R3	Coefficiente de correlación	,996**	,996**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	16199	16199	16199

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia – Análisis Programa SPSS



X. ANEXOS

Anexo 10.1. Matriz de Consistencia

Anexo 10.2. Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5:
vías principales y auxiliares

Anexo 10.3: Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5:
Vías y áreas verdes

Anexo 10.4: Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5:
Sentido de vías y elementos receptores

Anexo 10.5: Elaboración de elementos de estudio en modelo TNM2,5:
Vista de perspectiva del escenario de estudio

Anexo 10.6. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Descripción
de elementos Receptores

Anexo 10.7. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Estimación
del nivel de ruido con flujo vehicular de 556 veh/h

Anexo 10.8. Resultados de simulación del modelo TNM2,5: Estimación
del nivel de ruido con flujo vehicular de 8456 veh/h

Anexo 10.9. Evolución del promedio de pisos en proyectos de
edificaciones en Lima (años 2011 – 2015)

Anexo 10.10. Certificados de calibración de sonómetros

Anexo 10.11. Registro de Fotos

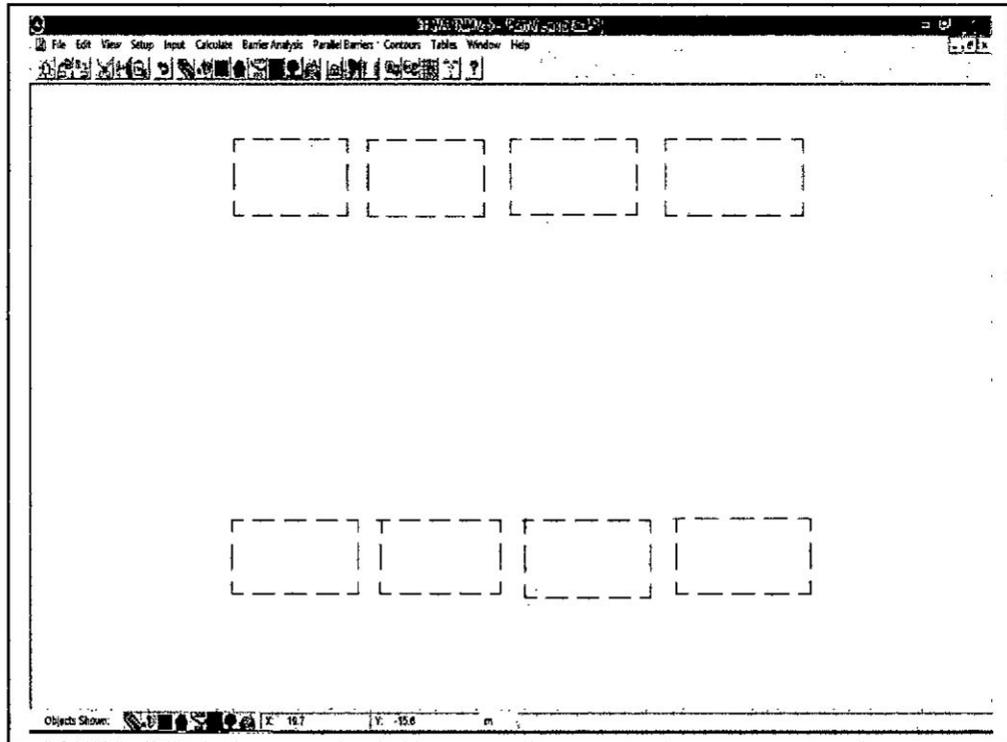


Anexo 10.1. Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problemática</p> <p>La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor ambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. El ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades, en particular en la ciudad de Lima.</p> <p>Planteamiento del problema a investigar</p> <p>¿La aplicación de un modelo de predicción del nivel de ruido es una herramienta fundamental para</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Estimar los niveles de ruido futuro en la avenida Brasil de la ciudad de Lima a diferentes condiciones de flujo vehicular y de edificación predominante como resultado de la aplicación del Modelo TNM versión 2,5 desarrollado por la FHWA de Estados Unidos (Federal Highway Administration).</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar y caracterizar tres puntos de monitoreo del nivel de ruido en la zona de estudio, en particular en las horas pico de flujo vehicular. - Determinar las características de la vía así como el tipo 	<p>Los niveles de ruido previstos en la Av. Brasil de la ciudad de Lima son consecuencia del flujo vehicular y características de la vía y pueden ser estimados con la aplicación del Modelo TNM.</p>	<p>Variable independiente(vi):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. vi-1: Flujo vehicular presente en la vía <ul style="list-style-type: none"> • Flujo de vehículos ligeros • Flujo de vehículos pesados 2. Vi-2: Características físicas que se presentan en la vía <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de la vía • Edificación en la zona • Condiciones climatológicas <p>Variable dependiente (vd):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de ruido estimados en la vía 	<p>Universo:</p> <p>El universo corresponde a toda la avenida Brasil en cuanto a los niveles de ruido que se hacen presente en la misma por acción del flujo vehicular y características de edificación presente en dicha vía y que constituye una de las vías importantes de la ciudad de Lima</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra corresponde a los niveles de ruido que experimenta la zona comprendida entre las cuadras 12 a la 15 de la Av. Brasil, en la ciudad de Lima, como consecuencia del flujo vehicular y características de edificación presente en la misma.</p> <p>Etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Para establecer las características de la zona en estudio: <ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de bibliografía sobre caracterización de una vía de transporte vehicular y su influencia en los niveles de ruido.

Anexo 10.2. Elaboración de elementos de estudio en modelo

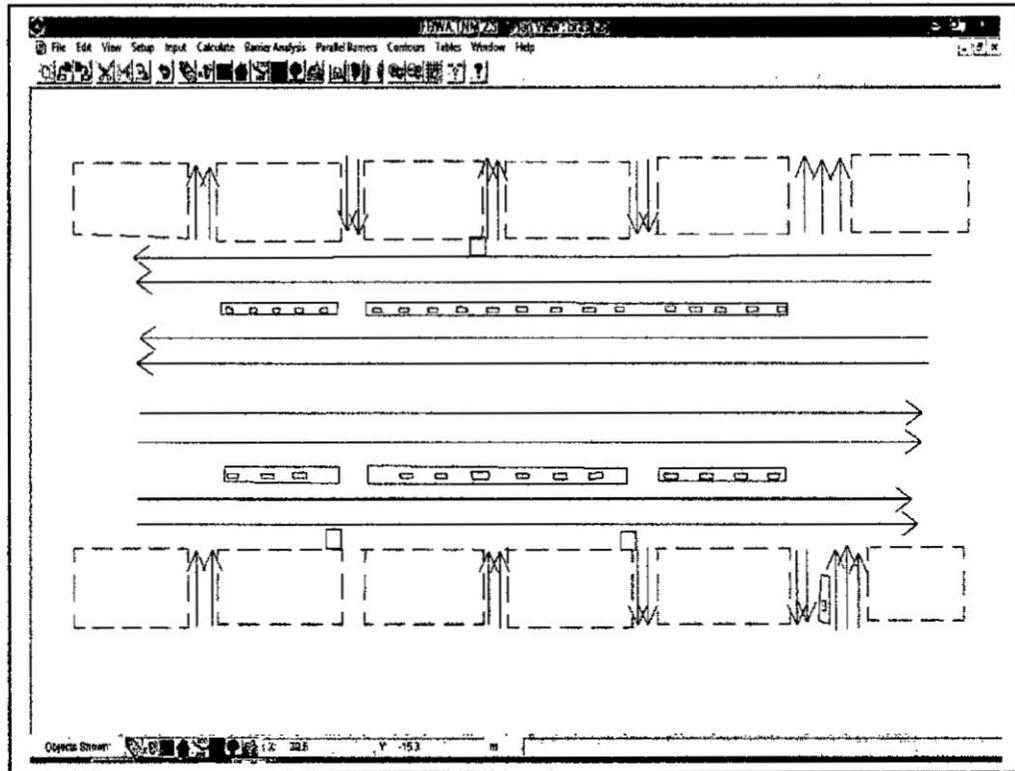
TNM2,5: Vías principales y auxiliares.



Fuente: TNM 2,5/Program/Ruido-av-Brasil

Anexo 10.3. Elaboración de elementos de estudio en modelo

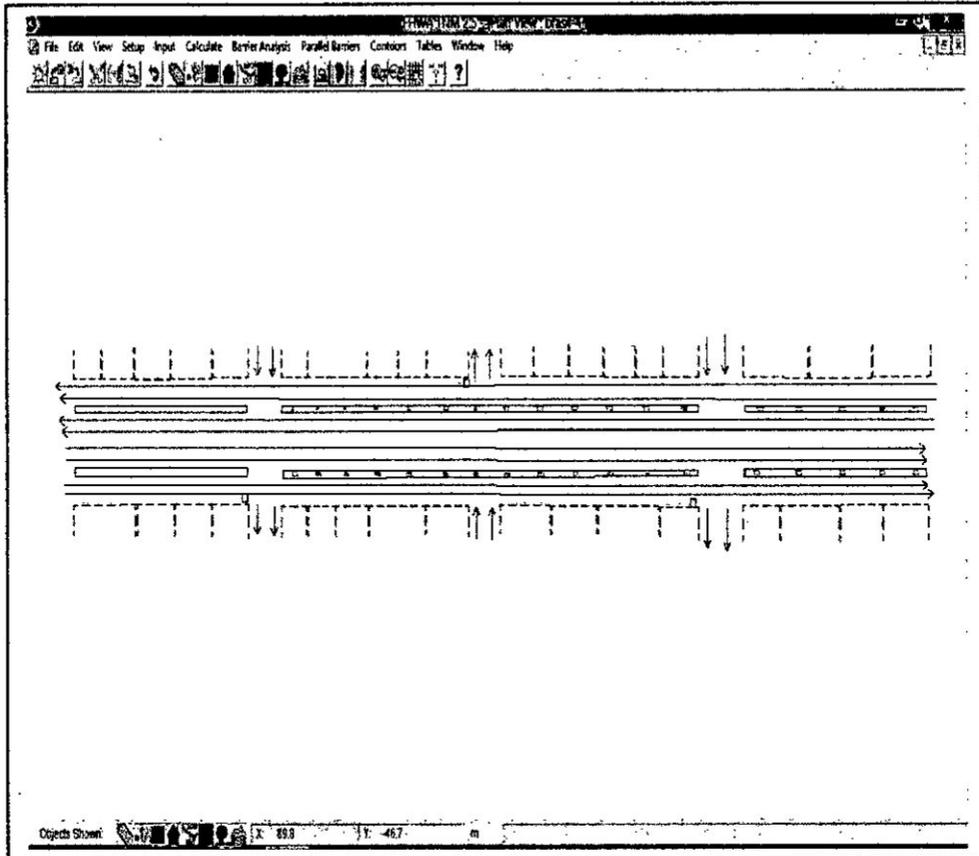
TNM2,5: Vías y áreas verdes



Fuente: TNM 2,5/Program/Ruido-av-Brasil

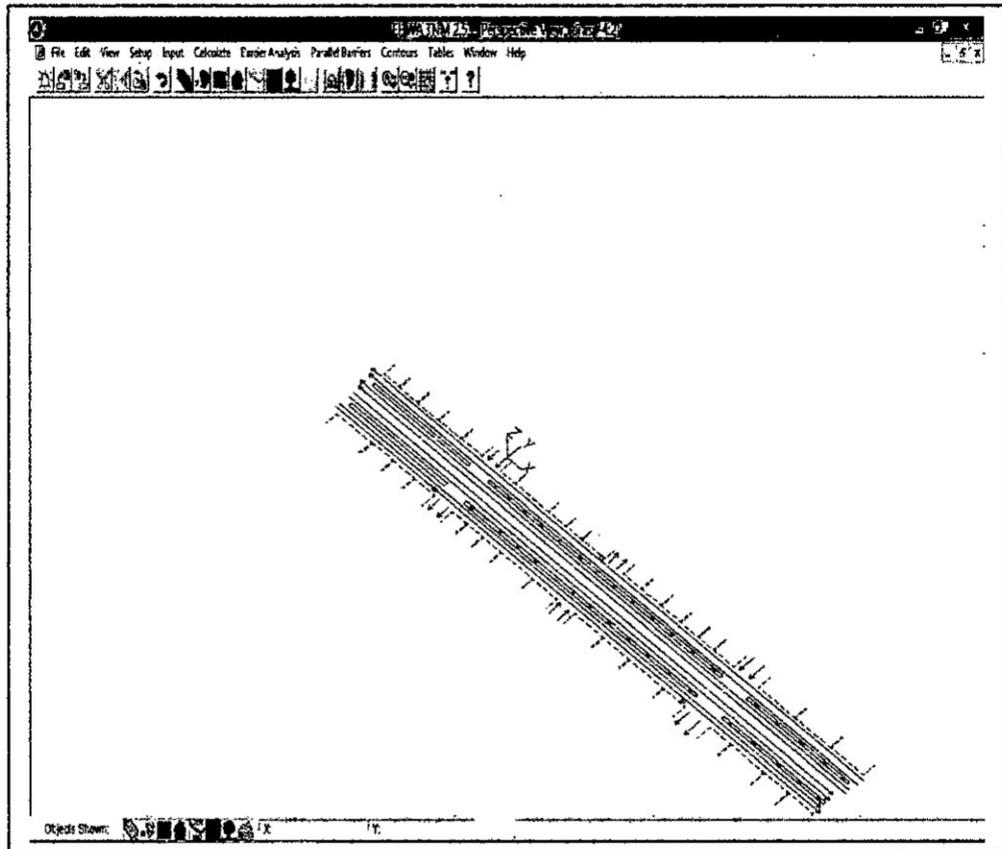
Anexo 10.4. Elaboración de elementos de estudio en modelo

TNM2,5: Sentido de vías y elementos receptores



Fuente: TNM 2,5/Program/Ruido-av-Brasil

**Anexo 10.5. Elaboración de elementos de estudio en modelo
TNM2,5: Vista de perspectiva del escenario de
estudio**



Fuente: TNM 2,5/Program/Ruido-av-Brasil

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script.

Anexo 10.6. Resultados de simulación del modelo TNM2,5:

Descripción de elementos Receptores

Proyecto Investigación Dr. Ruben Rodriguez
12 Octubre 2017 2016
TNM 2.5

Ruido Ambiental Av. Brasil 2017
Simulación del ruido por incremento vehicular

INPUT: RECEIVERS
Proy-Ruido en Av-Brasil
Ing. Ruben Rodriguez F.

INPUT: RECEIVERS
PROJECT/CONTRACT
RUN

Receiver Name	No.	#Dus	Coordinates (ground)			Z	Height above Ground	Input Sound Levels and Criteria			Active			
			X	Y	Z			Existing LAeq1h	Impact Criteria LAeq1h	Sub'l	MR	Goal	In	Calc.
			m	m	m	m	m	m	dB	dB	dB	dB		
Receiver 1	1	1	-482.5	79.3	0.00	1.50	78.6	60	10.0	8.0	Y			
Receiver 2	2	1	-364.2	92.5	0.00	1.50	73.9	60	10.0	8.0	Y			
Receiver 3	3	1	200.9	102.6	0.00	1.50	71.5	60	10.0	8.0	Y			

C:\TNM\25\programa\ ruido av-Brasil
12 Octubre 2017.

Anexo 10.7. Resultados de simulación del modelo TNM2,5:
 Estimación del nivel de ruido con flujo vehicular de
 556 veh/h

RESULTS: SOUND LEVELS													
Proy-Ruido en Av-Srael Ing. Ruben Rodriguez F.													
Projecto Investigacion Dr. Ruben Rodriguez													
12-oct-17 TNM 2.5 Calculated with TNM 2.5													
RESULTS: SOUND LEVELS													
Ruido Ambiental Av. Srael 2017													
Simulación de ruido por incremento vehicular /556veh/h													
PROJECT CONTRACT													
RUN													
BARRIER DESIGN:													
20 deg C, 50%RH													
ATMOSPHERICS													
Average pavement type shall be used unless a State Highway agency substantiates the use of a different type with approval of FHWA													
Receiver Name	No.	#Dus	Existing LAeq1h	No Barrier LAeq1h Calculated	Crit'n	dB	Increase over existing Calculated	Crit'n Subst Inc	Type Impact	With Barrier LAeq1h Calculated	Noise Reduction Calculated	Goal	Calculated minus Goal
Receiver 1	1	1	76.0	76.0	60	0.8	0.8	10		75.5	1.3	0	0
Receiver 2	2	1	73.9	74.4	60	0.5	0.5	10		73.3	1.1	0	0
Receiver 3	3	1	71.5	71.8	60	0.3	0.3	10		70.8	1.2	0	0
Dwelling Units													
		#Dus	Noise Reduction										
			Min	Avg	Max								
			dB	dB	dB								
All Selected		3	1.1	1.2	1.3								
All Impacted		3	1.1	1.2	1.3								
All that meet NFR Goal		0	0.0	0.0	0.0								

12 October 2017

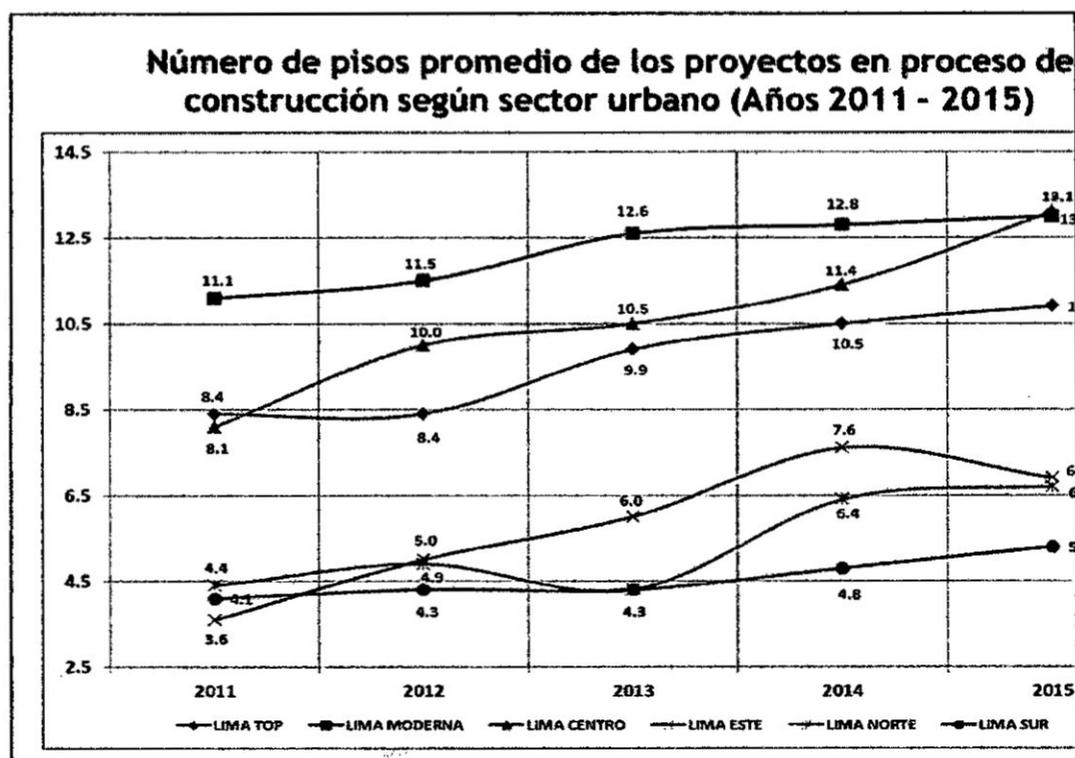
C:\TNM25\res\res\table_01_01.rpt

**Anexo 10.8. Resultados de simulación del modelo TNM2,5:
Estimación del nivel de ruido con flujo vehicular de
845 veh/h**

RESULTS: SOUND LEVELS Proyecto Investigacion Dr. Ruben Rodriguez 12-oct-17 TNM 2.5 Calculated with TNM 2.5 Ruido Ambiental Av. Brasil 2017 Simulación de ruido por incremento vehicular 845veh/h INPUT HEIGHTS 20 deg C, 50%RH Average pavement type shall be used unless a State Highway agency substantiates the use of a different type with approval of FHWA														
Receiver Name	No.	EBox	Existing LAeqTh		No Barrier LAeqTh		Increase over existing		Type Impact		With Barrier		Noise Reduction	
			GBA	GB	GBA	GB	Calculated	Crit'n	Calculated	Crit'n	Calculated	Crit'n	Calculated	GB
Receiver 1	1		76.0	60	79.2	60	3.2	10			77.9	1.3	8	-8
Receiver 2	2		73.9	60	76.7	60	2.8	10			75.6	1.1	8	-8
Receiver 3	3		71.5	60	73.9	60	2.4	10			72.7	1.2	8	-8
Dwelling Units														
		EBox		Noise Reduction		Min		Avg		Max				
		dB		dB		dB		dB		dB				
All Selected		3		1.1		1.2		1.3						
All Impacted		3		1.1		1.2		1.3						
All that meet NR Goal		0		0.0		0.0		0.0						

C:\TNM25\Programas de Brasil

Anexo 10.9. Evolución del promedio de pisos en proyectos de edificaciones en Lima (años 2011 – 2015)



Sectores Urbanos:

1. Lima Top: Miraflores, San Isidro; La Molina, Santiago de Surco, San Borja
2. Lima Moderna: Jesús María, Lince, Magdalena del Mar, San Miguel, Pueblo Libre, Surquillo, Barranco
3. Lima Centro: Cercado de Lima, Breña, La Victoria, Rímac, San Luis
4. Lima Este: Ate, Cieneguilla, Chaclacayo, Lurigancho, Santa Anita, El Agustino, San Juan de Lurigancho
5. Lima Norte: Carabayllo, Cómas, Independencia, Los Olivos, Puente Piedra, San Martín de Porres, Ancón, Santa Rosa
6. Lima Sur: Chorrillos Lurín, Pachacámac, San Juan de Miraflores, Villa El Salvador, Villa María del Triunfo, Pucusana, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María del Mar
7. Callao: Bellavista, Callao, Carmen de la Legua, La Perla, La Punta, Ventanilla

Fuente: CAPECO, 2015

Anexo 10.10. Certificados de calibración de sonómetros

Solitec

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LAC-0134-2016

Página 1 de 2
Fecha: 11/10/2016

<p>Objeto calibrado: Sonómetro</p> <p>Cliente: DEVELOPMENT & ENVIRONMENT E.I.R.L.</p> <p>Dirección: AV. BRASIL 1458 TORRE A D.803 URB. CIRCOLO,PUEBLO LIBRE-LIMA</p> <p>Marca: Soundtek</p> <p>Modelo: ST-107S</p> <p>Número de serie: 140300127</p> <p>Identificación: --</p> <p>Lugar de calibración: Laboratorio SOLITEC Lima - Perú</p> <p>Fecha de Calibración: 11 de octubre de 2016</p>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de SOLITEC.</p> <p>Los resultados, consignados en el presente documento se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones.</p> <p>SOLITEC no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado o de este certificado.</p>
--	---

Especificaciones técnicas del objeto calibrado

Alcance escala (dBA): 30 a 130	División escala (dB): 0,1	Exactitud (dB): ± 1.5
--------------------------------	---------------------------	-----------------------

Método de calibración

Comparación directa con patrones calibrados con trazabilidad nacional e internacional.

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente inicial	20,1 °C	Humedad Relativa inicial	71,2 %
Temperatura ambiente final	20,0 °C	Humedad Relativa final	71,1 %



OFICINA COMERCIAL: C. C. San Felipe Oficina 41, Jesús María • Lima - Perú
T: 719 3796 / 719 3797 • **F:** 461 3446 • **contacto@solitecperu.com** • **www.solitecperu.com**

Trazabilidad de los patrones

Nombre del patrón	Trazabilidad	Nº de Certificado
Sonómetro	SNM - INACAL	LAC - 112 - 2015
Termohigrómetro	SNM - INACAL	LT-674-2015

Resultados de la calibración: PONDERACION A

Señal de referencia: Sinusoidal de 1 KHz

Ponderación temporal: F

Nivel de referencia	Valor Medido	Desviación	Incertidumbre	Tol (±)
94.0 dB	93.8	-0.2	0.30	± 1.5 dB
114.0 dB	113.9	-0.1	0.30	± 1.5 dB

Observaciones

- La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de 95%.
- Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color amarillo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición. Se recomienda no exceder los 12 meses.


Omar Jordan Martinez
Jefe de Laboratorio



OFICINA COMERCIAL: C. C. San Felipe Oficina 41, Jesús María • Lima - Perú

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LAC-0135-2016

Página 1 de 2
Fecha: 11/10/2016

Objeto calibrado: **Sonómetro**

Cliente: **DEVELOPMENT & ENVIRONMENT E.I.R.L.**

Dirección: **AV. BRASIL 1458 TORRE A D.803
URB. CIRCOLO,PUEBLO LIBRE-LIMA**

Marca: **Soundtek**

Modelo: **ST-107**

Número de serie: **160203017**

Identificación: **---**

Lugar de calibración: **Laboratorio SOLITEC**
Lima - Perú

Fecha de Calibración: **11 de octubre de 2016**

Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de SOLITEC.

Los resultados, consignados en el presente documento se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones.

SOLITEC no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado o de este certificado.

Especificaciones técnicas del objeto calibrado

Alcance escala (dBA):	30 a 130	División escala (dB):	0,1	Exactitud (dB):	± 1,5
-----------------------	----------	-----------------------	-----	-----------------	-------

Método de calibración

Comparación directa con patrones calibrados con trazabilidad nacional e internacional.

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente inicial	20,1 °C	Humedad Relativa inicial	71,2 %
Temperatura ambiente final	20,0 °C	Humedad Relativa final	71,1 %

OFICINA COMERCIAL: C. C. San Felipe Oficina 41, Jesús María • Lima - Perú
T: 719 3796 / 719 3797 • F: 461 3446 • contacto@solitecperu.com • www.solitecperu.com



Trazabilidad de los patrones

Nombre del patrón	Trazabilidad	Nº de Certificado
Sonómetro	SNM - INACAL	LAC - 112 -2015
Termohigrómetro	SNM - INACAL	LT-674-2015

Resultados de la calibración: PONDERACION A

Señal de referencia: Sinusoidal de 1 Khz

Ponderación temporal: F

Nivel de referencia	Valor Medido	Desviación	Incertidumbre	Tol (±)
94.0 dB	94.1	0.1	0.30	± 1.5 dB
114.0 dB	113.8	-0.2	0.30	± 1.5 dB

Observaciones

- La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de 95%.
- Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color amarillo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición. Se recomienda no exceder los 12 meses.


Omar Jordan Martinez
Jefe de Laboratorio



OFICINA COMERCIAL: C. C. San Felipe Oficina 41, Jesús María • Lima - Perú
T: 719 3796 / 719 3797 • F: 461 3446 • contacto@solitecperu.com • www.solitecperu.com

Anexo 10.11 Registro de Fotos

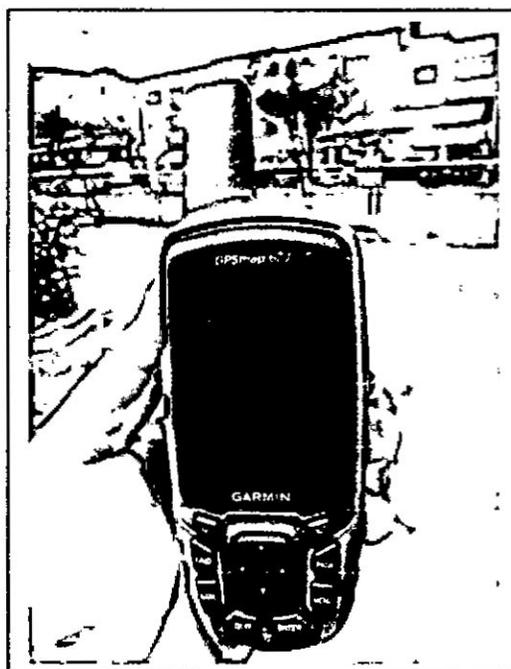


Foto A11.1. Registro de Coordenadas UTM de cada punto de muestreo en la avenida Brasil

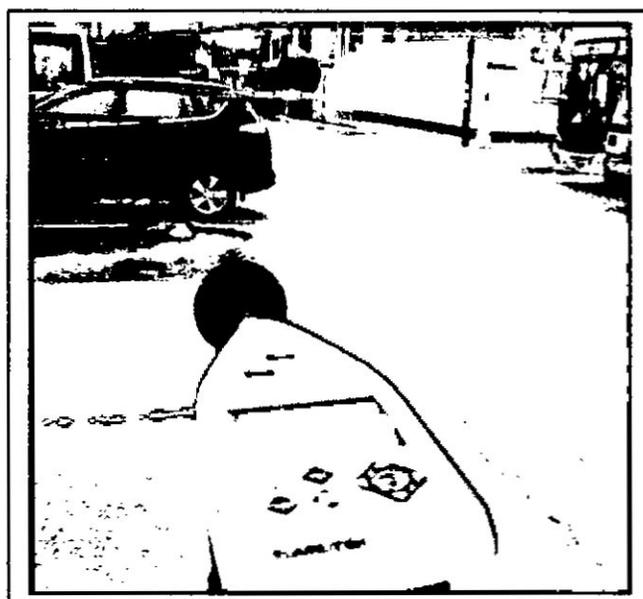


Foto A11.2. Sonómetro haciendo registro de niveles de ruido en avenida Brasil (cuadra 12 a 15)

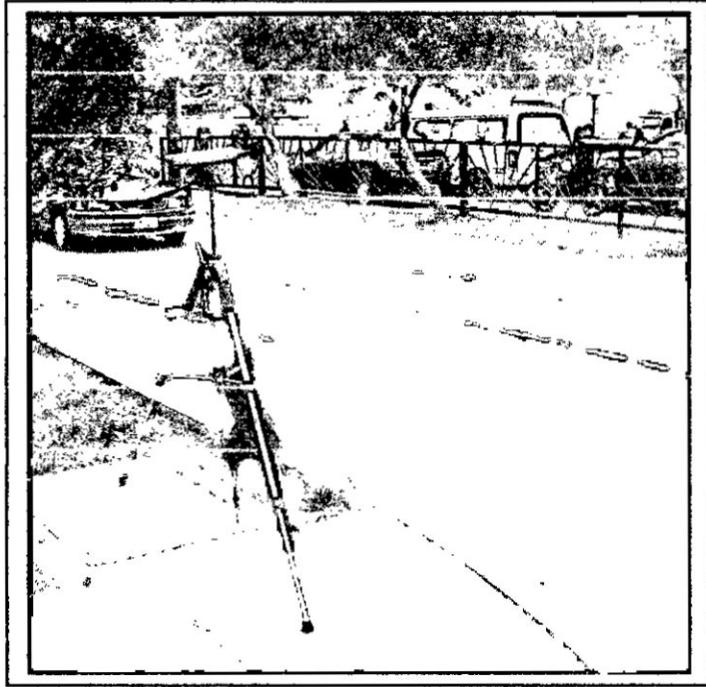


Foto A11.3. Sonómetro haciendo registro de los niveles de ruido en avenida Brasil (cuadra 12 a 15)

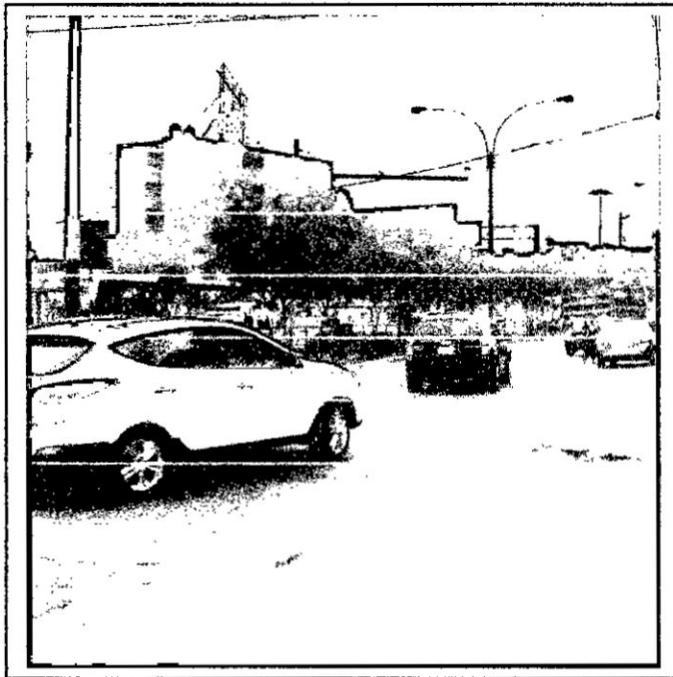


Foto A11.4. Tipo de vehículos en avenida Brasil (cuadra 12 a 15)



Foto A11.5. Sonómetro registrando los niveles de ruido en avenida Brasil (cuadra 12 a 15) por fuentes móviles.

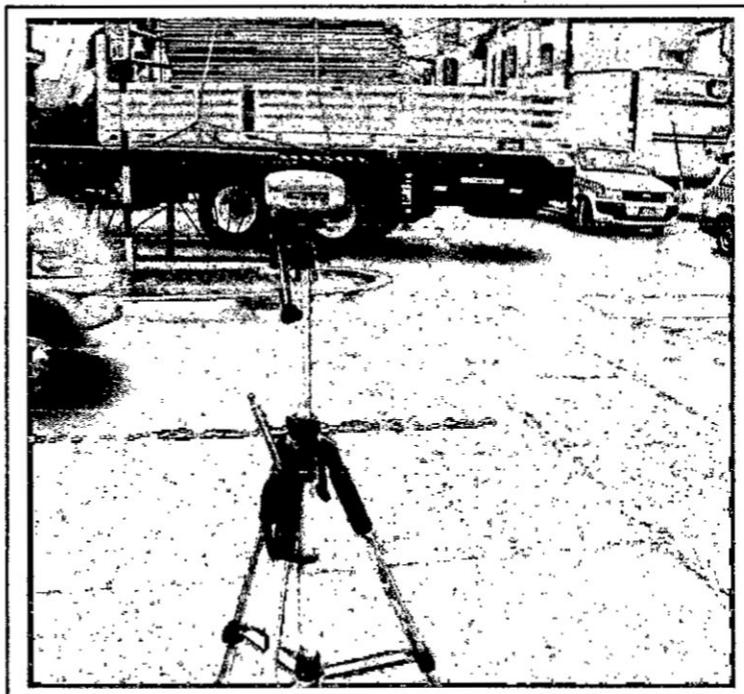


Foto A11.6. Sonómetro registrando los niveles de ruido por fuentes móviles en la avenida Brasil (cuadra 12 a 15).

[Handwritten signature]

20