

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Realizado por:

Christopher Alejandro Ramos Lozada

Director del proyecto:

KATTY CORAL

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 21 de Enero de 2022

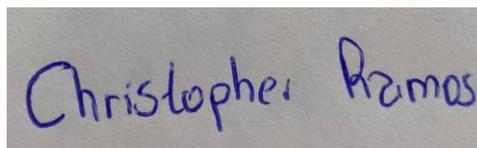
VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo Christopher Alejandro Ramos Lozada, con cédula de identidad No. 1724399959, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



-----  
FIRMA

1724399959

CEDULA

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021.”

Realizado por:

Christopher Alejandro Ramos Lozada

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Dirigido por el profesor:

KATTY CORAL

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



---

Katty Coral Carrillo

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021.

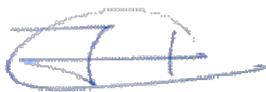
LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Jesús López

Alberto Aguirre

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

DEDICATORIA

“Dedico esta tesis principalmente a mis padres, quien fueron los que me brindaron su apoyo en las buenas y malas, me alentaron a seguir adelante cuando parecía que todo era imposible ellos siempre estuvieron aquí dándome los mejores consejos para seguir adelante y no darme por vencido.

Quiero además dedicar esta tesis a mi familia por su apoyo incondicional y verdadero, porque a pesar de las dificultades me apoyaron en mis sueños y metas, incentivándome y apoyándome en los problemas de la vida, a mi hermana que con sus enseñanzas aprendí de ella y de su sacrificio.

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios a mi familia y a mis padres que me guiaron por el camino correcto para poder culminar una etapa tan complicada y bonita de mi vida que con esfuerzo y sacrificio siempre se consiguieron los mejores resultados. A mis compañeros que entre tantas anécdotas risas llantos nos supimos apoyar y ayudar en los momentos más complicados de esta etapa estudiantil siempre los voy a recordar de la mejor manera. Y a mi tribunal (Katty Coral, Jesús López y Alberto Aguirre) gracias por guiarme y hacer posible desarrollo de este trabajo de investigación que con su ayuda se supo desarrollar de la mejor manera.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

1 19/08/2021 23:25:33

Para someter a:

To be submitted:

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Christopher Alejandro Ramos Lozada

Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,  
Ecuador ..... FECHA Y HORA

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA ..... Universidad Internacional SEK,  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador. Teléfono: +593-; email:  
[katty.coral.navarro@uisek.edu.ec](mailto:katty.coral.navarro@uisek.edu.ec)

Título corto o Running title: Quito, ruido urbano

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## Índice

Introducción.....	3
Materiales y Métodos.....	6
Área de estudio.....	6
Muestreo.....	6
Técnica para obtener los datos.....	7
Horarios.....	7
Método utilizado para el muestreo con sonómetro integrador.....	7
Obtención de la velocidad.....	8
Número de vehículos.....	8
Variables analizadas.....	9
Procesamiento de datos.....	9
Ecuaciones Utilizadas.....	9
Coeficiente de correlación ( $r^2$ ).....	10
Desviación estándar de la dispersión.....	10
Error porcentual.....	11
Resultados.....	11
Gráfico 2. Comparación ruido experimental (LEQ) vs flujo vehicular total (Qt).....	11
Gráfico 3. Comparación de ruido experimental (Leq) vs velocidad promedio (km/h).....	12
Gráfico 4. Promedio diario NPS.....	12
Gráfico 5. Comparación ruido experimental vs ruido de la ecuación lineal para la Av Quitumbe Ñan.....	13
Gráfico 6. Comparación ruido experimental vs ruido de la ecuación multivariante para la Av Quitumbe Ñan.....	14
Gráfico 7. Comparación de los NPS experimental con Ecuación. integral del DMQ lineal y multivariante.....	15
Discusión.....	15
Conclusiones.....	17
Recomendaciones.....	18
Bibliografía.....	19
Anexos.....	23

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Anexo 1. Modelos predictivos para la zona sur Av Quitumbe Ñan.....	23
Anexo2. Modelo predictivo de ruido DMQ.....	24
Anexo 3. Promedio diario NPS.....	25
Anexo4. Modelos predictivos de ruido para la zona sur Av Quitumbe Ñan (diario) .....	25
Anexo 5. Máximos permisibles fuentes móviles .....	25
Anexo 6. Niveles máximos permisibles para fuentes fijas.....	26

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## Resumen

Se plantea probar el método estadístico de ruido ambiental urbano lineal y multivariante de Coral y Etall en el sector sur de Quito, para su validación en 2021, el cual consiste en realizar una regresión de tres variables independientes (velocidad, flujo vehicular liviano y flujo vehicular pesado) y una variable dependiente (nivel de ruido). Para la medida del ruido en el sector Sur Av. Quitumbe Ñan, se utilizó el instrumento del sonómetro integrador, modelo 407780 durante dos semanas, de lunes a domingo de 7h00 a 19h00, es decir al día se obtienen 120 datos. La medición de las variables permitió determinar la relación existente entre las variables independientes con el nivel de presión sonora experimental. Además, en este análisis se visualiza que el modelo multivariante es el más aceptable de aplicación en el Sur de la ciudad.

El resultado de la investigación determinó que el ruido mantiene una tendencia variante, la cual está relacionada con el número de vehículos que circulan por la calle, así como la velocidad de los mismos, es evidente que durante el día el ruido cambia constantemente hasta las 19h00, por lo que el análisis del modelo esta orientada a evaluar los métodos estadístico de regresión lineal simple, así como el múltiple son válidos para el sector seleccionado en el año 2021.

Palabras claves: ruido, velocidad, modelo multivariante, sonómetro, modelo lineal, regresión lineal

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

**Abstract.**

It is proposed to test the statistical method of linear and multivariate urban environmental noise of Coral and Etall in the southern sector of Quito, for validation in 2021, which consists of performing a regression of three independent variables (speed, light vehicular flow and heavy vehicular flow) and a dependent variable (noise level). For the measurement of noise in the South sector Av. Quitumbe Ñan, the instrument of the integrating sound level meter, model 407780 was used for two weeks from Monday to Sunday from 7:00. to 19:00., that is, 120 data are obtained per day. The measurement of the variables allowed to determine the relationship between the independent variables with the level of experimental sound pressure. In addition, this analysis shows that the multivariate model is the most acceptable for application in the south of the city.

The result of the research determined that noise maintains a variant trend, which is related to the number of vehicles that circulate on the street, as well as the speed of them, it is evident that during the day the noise changes constantly until 7:00 p.m., so the analysis of the model is oriented to evaluate the statistical methods of simple linear regression, as well as the multiple are valid for the selected sector in 2021.

Keywords: noise, velocity, multivariate model, sound level meter, linear model, linear regression

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## *Introducción*

En el mundo globalizado actual y con los avances tecnológico, cada vez es más común encontrar enfermedades mentales, afectando la calidad de vida del ser humano (Ramírez González, 2011), estas pueden estar provocadas por el ruido considerado, históricamente como un factor ambiental en constante crecimiento, causando problemas físicos a las personas (Narváez Narváez, 2011).

La prioridad de su, análisis demuestra que es una fuente de contaminación ambiental (Narváez Narváez,2015). Antes de entrar a la era de la industrialización la gente se dedicaba a sus actividades laborales en un medio rural, imperando la agricultura y ganadería, por lo que no estaban expuestos a sonidos muy intensos, es decir la gente vivía en un medio más tranquilo y pacifico (Brian Adrián, 2010). El ruido en los humanos genera serios problemas, que pueden verse afectadas en su salud causando estrés, trastornos de sueño, deficiencias cognitivas entre otras (Peris Eulalia,2020).

El ruido es un contaminante definido como un conjunto de sonidos que producen una sensación desagradable, molesta e indeseable (Moreno& Martínez,2005). El análisis de este es de suma importancia ya que se ha indicado que es una forma de contaminación atmosférica, puede llegar a tener efectos dañinos, según la organización mundial de la salud (OMS), por las perturbaciones del ruido al que están expuestos los seres humanos, un factor que tiene impactos negativos sobre la salud y el bienestar de la sociedad (OMS, 2009).

El ruido urbano se define desde el punto de vista psicológico como el sonido indeseable, desagradable, molesta interfiere con actividades propias de una ciudad como: transporte, actividades industriales, la construcción, comercio, es decir su característica es de desagrado (Santillán,2006).

Los automóviles, autobuses, camiones son considerados una fuente móvil de contaminación atmosférica, al liberar emisiones de gases y emitir ruido (INECC 2007),

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

considerando que la principal causa es ocasionada por el aumento vehicular, debido a que se ha constituido en la primera fuente emisora de contaminación (Ramírez González, et al, 2011). Al realizar este análisis se puede evitar problemas de salud en la ciudadanía (OSMAN,2009). El ruido impacta en la salud de los habitantes de acuerdo a estudios realizados por la OMS, entendiéndose por salud a un estado de completo bienestar físico, mental y social (OMS, 2008).

Al ser el tránsito vehicular, la primera fuente causantes de ruido, es necesario disminuir el tránsito en las vías (Secretaria Metropolitana de Ambiente, 2004). El aumento del parque automotriz en el Ecuador en una de las fuentes causantes de ruido el estado debe velar para que los ciudadanos vivan en un ambiente ecológicamente equilibrado y sin contaminación ambiental (Constitución 2008). Quito, es una de las ciudades más ruidosas no solo del país sino también de la región, factores como: la industria, el tráfico, el comercio, centros de diversión. El Municipio de Quito es uno de los entes encargados de la regulación de ruido Ambiental.

La presión sonora se da por las variaciones de presión de ondas de sonido en el aire que genera un incremento a la presión atmosférica (CEUPE, 2004). El Distrito Metropolitano de Quito plantea la necesidad de la prevención, la evaluación, el control y el monitoreo sobre la emisión de ruido a través de la Ordenanza Metropolitana No.0.123., que se encuentra vigente en el Código único municipal, por sus consecuencias que puede afectar a la salud de los ciudadanos.

Existen varias metodologías de análisis de ruido, la más utilizada es el mapeo y recopilación de datos usando un sonómetro (Hernández & Torres, 2004), se analizan los datos obtenidos permitiendo conocer si un lugar determinado está afectado por la contaminación acústica, lo que permitirá tomar correctivos para mitigar el impacto causado por el ruido y permitiendo que la comunidad viva en un entorno saludable. (Mecánica et al.,2015).

El ruido se mide en decibeles, cuando al logaritmo en base diez se repiten diez veces. El oído humano está apto para soportar hasta 55 decibeles sin ningún daño a su

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

salud y dependiendo del tiempo de exposición ruidos mayores a los 60 decibeles pueden provocar malestares físicos (OMS, 2009).

El ruido de los vehículos ligeros es mucho mayor que los vehículos pesados, y al ser la Avda. Quitumbe Ñan una vía de gran flujo y congestión vehicular se evaluó si las fórmulas estadísticas de predicción de ruido ambiental de Coral y Et all es validado para el sector en el año 2021, ya que la última evaluación se realizó en el 2019. Por lo general el ruido es generado por el motor y fricciones entre vehículos, en donde el ruido en contacto con el suelo puede exceder al del motor a velocidades superiores a los 60 y70 km/h (Hernando Peña 2019).

En el DMQ únicamente existen normas aplicables a la emisión de ruido por fuentes fijas, más no a la aplicación al ruido ambiental (MAE, 2012). La falta de leyes, el débil mantenimiento de las vías, los vehículos en mal estado, un sistema de movilización inadecuado y la poca sensibilización y el desconocimiento de los efectos que provoca el ruido, causando la inoperancia en el control y mitigación de ruido (Rubianes,2009).

En este estudio se utilizó el modelo estadístico predictivo de ruido urbano, utilizado las ecuaciones lineal, y de análisis multivariante (Coral Carrillo, 2019). Estos análisis determinarán primero si existen una relación lineal entre las variables estudiadas y segundo si se ajustan mejor al análisis multivariante (Coral Carrillo 2019).

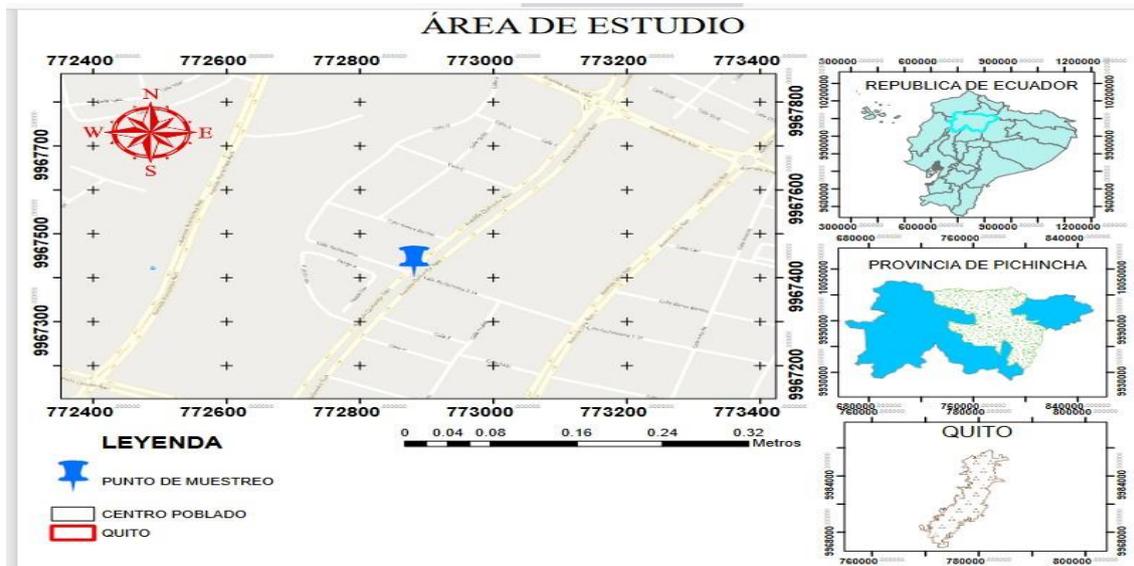
Por ello se plantea como objetivo principal de este estudio, aplicar el modelo estadístico predictivo del ruido ambiental urbano, generados por el flujo vehicular a partir de un análisis lineal y multivariante de Coral y Et al. en el sector sur de Quito, para su validarlos al 2021, mientras los objetivos específicos fueron: (1) Determinar el número de automóviles livianos y pesados, para remplazarlos en los modelos estadísticos predictivo del ruido ambiental, (2) Determinar las velocidades del tráfico en el sector de la Avda. Quitumbe Ñan, para validar en el modelo estadístico respectivo, (3) Establecer los diferentes grados de error entre los modelos validados al 2019 con respecto al 2021.

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## *Materiales y Métodos*

### Área de estudio

El punto de validación se ubicó en la Avda. Quitumbe Ñan frente a la plataforma gubernamental de lo social, ubicada en sur de la ciudad de Quito provincia de Pichincha, con coordenadas geográficas  $0^{\circ}17'39.6''S$   $78^{\circ}32'54.3''W$ .



**Gráfico 1. Mapa de área de estudio y sitio de toma de muestras**

### Muestreo

El estudio se realizó durante dos semanas desde el 19 de Julio hasta el 1 de agosto del 2021 exactamente catorce días durante, estos días se utilizaron los siguientes materiales.

1. Cuaderno de apuntes
2. Sonómetro integrador modelo 407780
3. Cronómetro
4. Cámara de video
5. Trípode
6. Calibrador del sonómetro

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

## Técnica para obtener los datos

La técnica utilizada se basó principalmente en replicar la metodología utilizada para la determinación de los modelos, se obtuvieron datos durante 1 hora de muestreo, obteniéndose 10 datos cada uno de un minuto, posterior a esto los datos obtenidos se promedian obteniendo un solo dato de medición para cada hora es decir al día 12 datos ya que el muestro era de 12 horas al día en un horario de 7H00 a 19H00 durante 2 semanas.

## Horarios

Los horarios para la toma de muestras fueron distribuidos de la siguiente manera para cada día se muestreo 10 veces cada hora de muestreo tomando un total de 12 muestras promediado.

**Tabla 1.** Días y horarios muestreados desde el 19 de Julio hasta 1 de agosto del 2021 durante 12 horas diarias en el periodo de 2 semanas

<b>DIAS</b>	<b>LUNES</b>	<b>MARTES</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>JUEVES</b>	<b>VIERNES</b>
	7AM-7PM	7AM-7PM	7AM-7PM	7AM-7PM	7AM-7PM

## Método utilizado para el muestreo con sonómetro integrador

1. Seleccionar previamente el lugar de muestreo.
2. Ubicarse en el punto cero
3. Instalar el trípode en una zona plana y desplegar a 1.5 metros de altura ya que esa es la altura recomendada.
4. Ubicar el sonómetro en un ángulo de 45° con el eje horizontal.
5. Calibrar el sonómetro previo a la toma de muestras

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

6. En el sonómetro ir a las funciones y buscar el botón **^SLOW^** es decir en modo lento.
7. Elegir la frecuencia tipo **^A^** que servirá para medir el ruido en dB(A).
8. Elegir el modo **^Leq^** (presión sonora equivalente)
9. Calibrar y configurar el equipo para que la medición este en un minuto.
10. Iniciar la medición.
11. Esperar a que el sonómetro mida el 1 minuto y se detenga para que posteriormente promediar el resultado obtenido.
12. Anotar el valor obtenido del sonómetro en el registro.

## **Obtención de la velocidad**

De acuerdo con las ecuaciones a validar, se tomó la distancia entre dos puntos los cuales tenían como medición 78 metros de longitud y con la ayuda del cronómetro se tomó el tiempo en que los vehículos recorren esta distancia, estos vehículos pueden ser de carga pesada como transportes pequeños (ligeros), remplazando en la ecuación se obtuvo la velocidad expresada en unidades de km/h.

Para el modelo de predicción de ruido se debe obtener la velocidad la cual se sacará de una muestra de 50 vehículos en este caso tomando una variación entre 35 vehículos livianos y 15 vehículos pesados. (Coral Carrillo, 2019).

$$V= D/t$$

### **Ecuación 1**

V= Velocidad

D= Distancia

t= Tiempo

## **Número de vehículos**

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Con la cámara de video se grabó durante 12 horas en el horario de 7h00 a 19h00, procediendo a revisarlo y registrar en cada hora el número de vehículos livianos y pesados que pasaron por el sector.

## Variabes analizadas

Con esta metodología se analizó las siguientes variables cantidad de vehículos livianos y pesados que pasan por el área de estudio, así como el nivel de ruido que producen los mismos.

## Procesamiento de datos

Los datos que se obtuvieron fueron registrados en la libreta de apuntes, para posteriormente analizarlos utilizando el programa Excel, se utilizaron las fórmulas estadísticas para obtener una información más exacta con los datos obtenidos.

**Tabla 3.** Tabulación de datos experimentales, ecuación lineal y multivariante

<b>DIA</b>	<b>HORA</b>	<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	<b>VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)</b>	<b>Ecuación lineal dB(A)</b>	<b>Ecuación Multivariante dB(A)</b>	<b>Leq (medido) dB(A)</b>

En la tabla de muestreo en las dos semanas de estudio realizado en un horario de 7h00 a 19h00 se colocó el conteo de vehículos livianos y pesados, la suma de estos vehículos dando el número total de vehículos por horas, la velocidad promedio por hora. Y los datos previamente calculados de NPS para la ecuación lineal y multivariante.

## Ecuaciones Utilizadas

Para la validación de los modelos tanto lineal como multivariante en el sur de Quito, en la avenida Quitumbe Ñan se utilizaron las ecuaciones planteadas por Coral y Et

# VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

al, para la zona sur, se utilizó la Ecuación (1) para el análisis lineal y la ecuación (2) para el análisis multivariante, así como las ecuaciones para el modelo estadístico integral del DMQ, la ecuación (3) para el modelo lineal y la ecuación (4) para el multivariante (Coral Carrillo, 2019).

$$L_{eq,h} = 2.63 + 20.12 \log V_{prom} \quad (1)$$

$$L_{eq,h} = 24.12 + 7.13 \log V_{prom} + 6.77 \log Q_t + 0.18 Q_p \quad (2)$$

$$L_{eq,h} = 23.92 + 24.33 \log V_{prom} \quad (3)$$

$$L_{eq,h} = 9.99 + 13.08 \log V_{prom} + 3.47 \log Q_t + 0.26 Q_p \quad (4)$$

Donde:

$V_{prom}$  = Velocidad promedio (km/h)

$L_{eq,h}$  = Nivel de presión sonora por hora

$Q_t$  = Flujo vehicular total por hora

$Q_p$  = Flujo vehicular pesado por hora

$Q_l$  = Flujo vehicular liviano por hora

## **Coefficiente de correlación ( $r$ )**

Con este coeficiente de correlación se puede evaluar la variable de nivel de ruido y flujo vehicular tanto en las ecuaciones lineal como multivariante, los valores que se evidencien oscilan entre 1 y -1 lo cual demuestra si es positivo o negativo, pero si el valor esta cercano a 0 significa que no existe una correlación (Coral Carrillo, 2019).

## **Desviación estándar de la dispersión**

Permite conocer que, a mayor desviación estándar, mayor es la dispersión ya que esta es un promedio con respecto a la media de distribución tanto en las ecuaciones

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

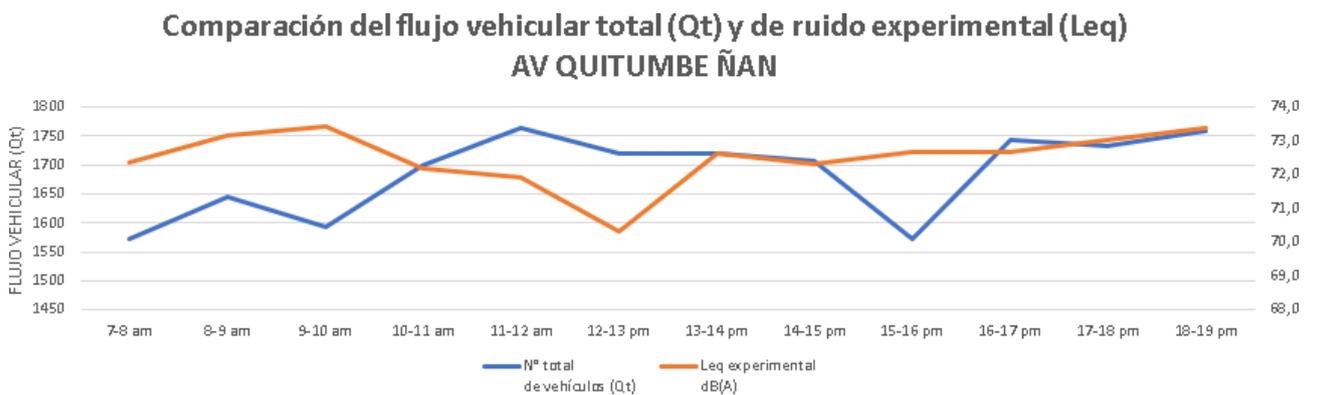
lineal como multivariante.

**Error porcentual.**

Permite experimentar los NPS experimental con los datos calculados obtenidos en la Ecuación lineal como en la multivariante obteniendo resultados tanto como positivos como negativos (Coral Carrillo, 2019).

$$\text{Error} \% = ((\text{Valor calculado} - \text{Valor experimental}) / \text{Valor experimental}) \times 100$$

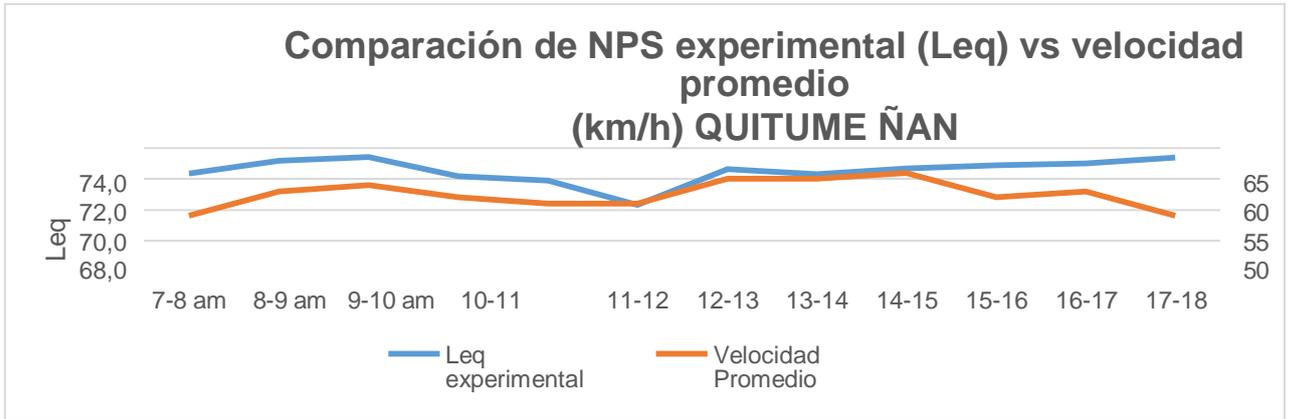
**Resultados**



**Gráfico 2. Comparación ruido experimental (LEQ) vs flujo vehicular total (Qt)**

Se observa que debido a que no existe mucho flujo vehicular de 7 a 10 am los NPS experimental se mantienen elevados ya que los vehículos van a mayor velocidad, posterior en el horario de 11 a 13:00 se produce una baja prolongada de NPS experimental ya que aumentan el flujo vehicular y los carros disminuyen su velocidad, en el horario de 13 a 15:00 hay una alta correlación entre el flujo vehicular y el NPS experimental ya que posterior se produce nuevamente una disminución del flujo vehicular por ende se mantiene elevado el NPS experimental, causando finalmente en los horarios de 16 a 19 pm una correlación casi perfecta entre ambos flujos.

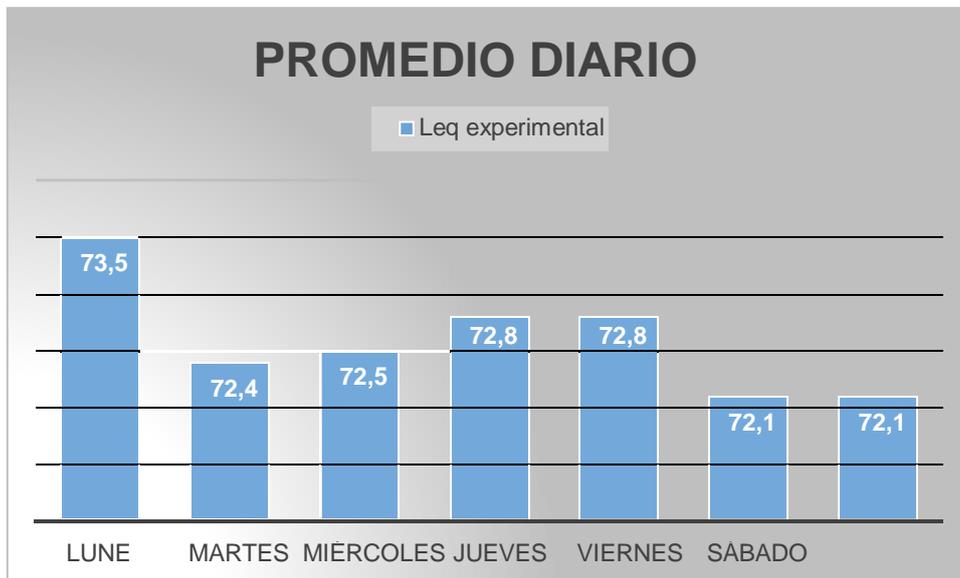
VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021



**Gráfico 3. Comparación de ruido experimental (Leq) vs velocidad promedio (km/h)**

En el gráfico 3, se observa que en los horarios de la mañana se mantienen constantes hasta las 13h00 que hay un pico de disminución de hasta 54 dB(A) posterior a esto hay una elevada correlación entre ambos flujos y una elevación en los horarios de la tarde y noche.

También se observa que hay una caída exponencial entre los horarios de 18h00 a 19h00 de la velocidad ya que hay mayor flujo vehicular horario.

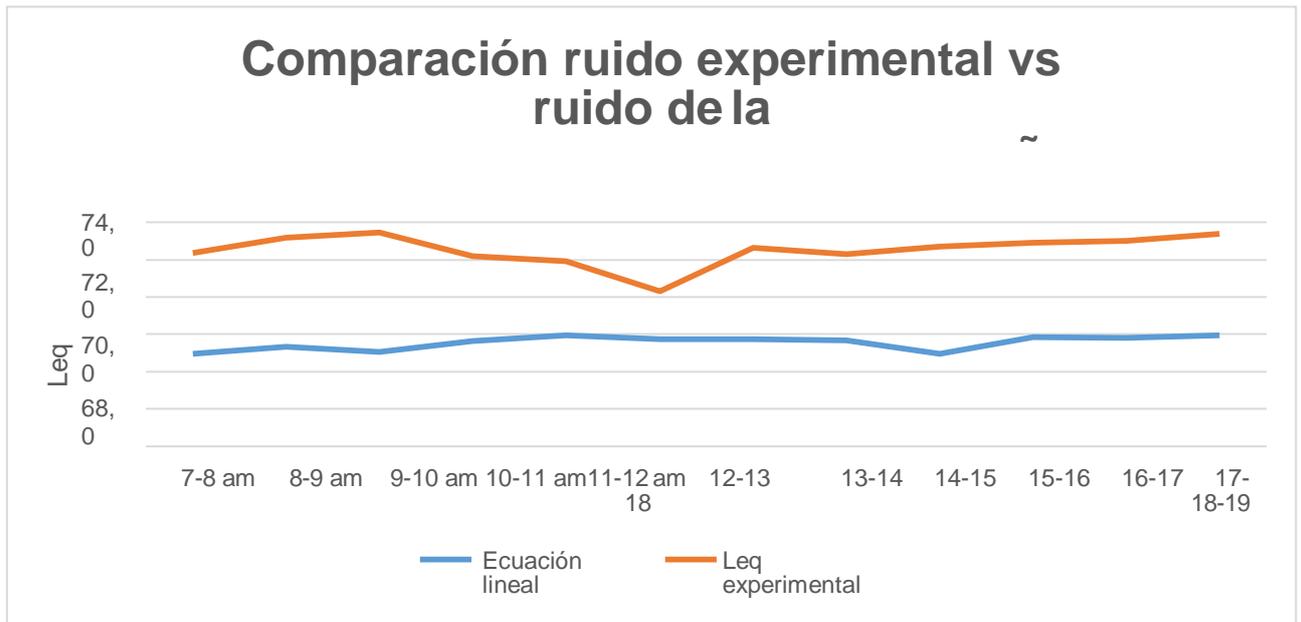


**Gráfico 4. Promedio diario NPS**

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

En el gráfico se observa el promedio diario de NPS teniendo un máximo de 73,5 dB(A) los lunes y un mínimo de 72,1 dB(A) en los sábados y domingos ya que no existe mayor flujo vehicular.

Y en el medio de la semana se mantiene constante en 72,8 dB(A) entre los días jueves y viernes en NPS experimental.



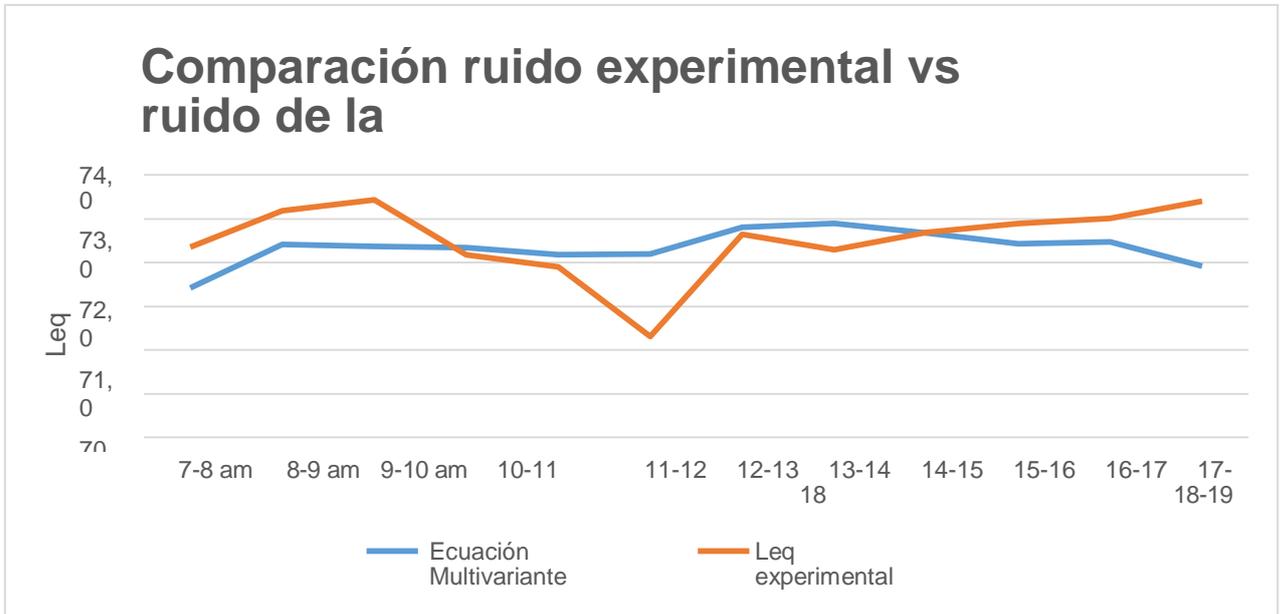
**Gráfico 5. Comparación ruido experimental vs ruido de la ecuación lineal para la Av Quitumbe Nan**

En la gráfica se observa que los datos de NPS experimental no se ajustan con los datos de la Ecuación lineal ya que como se observa, los datos de NPS experimental están superior a los de la ecuación lineal, y no coinciden en ninguna hora.

Obteniendo picos de 73,4 de NPS experimental en el horario de 9 a 10 de la mañana, mientras que en el horario de 12 a 13 se puede observar una caída pronunciada de NPS experimental con un valor de 70,3.

Mientras que los valores de la ecuación lineal se mantienen constantes en un horario de 10 am a 14pm posterior teniendo un declive pronunciado con un valor de 66,9 que es el valor mínimo.

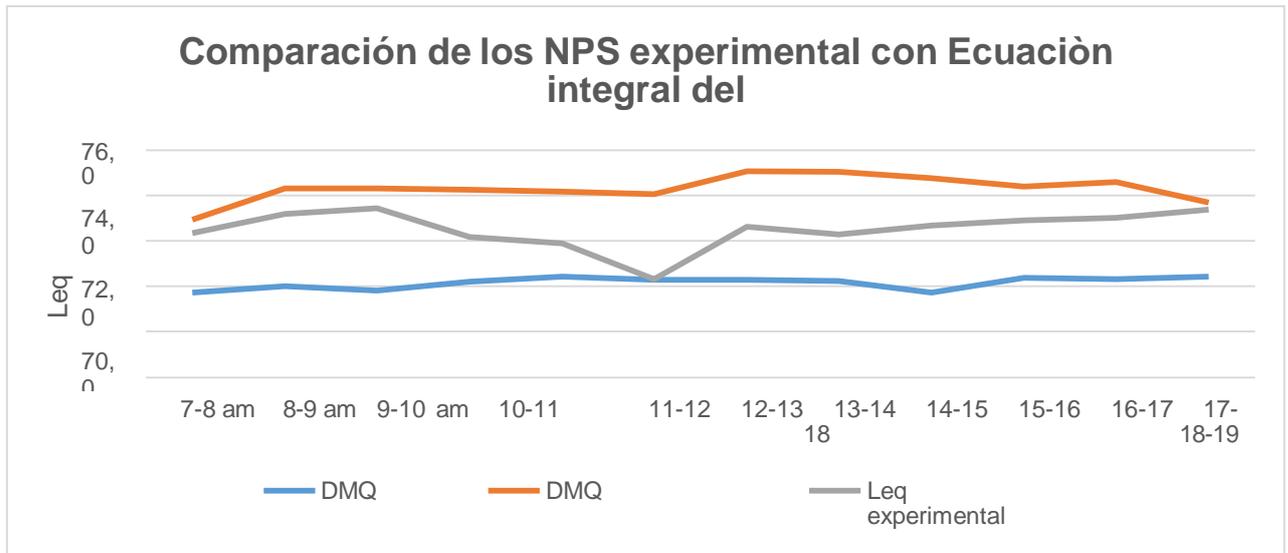
VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021



**Gráfico 6. Comparación ruido experimental vs ruido de la ecuación multivariante para la Av Quitumbe Ñan**

En el gráfico se observa que entre las 10 am hasta las 11 am se mantienen constantes tanto el NPS experimental como el NPS multivariante, teniendo una caída pronunciada de 11 a 13 teniendo una disminución de ruido ambiental con un tope mínimo de 70,3 y un tope máximo de 73,4 que se produce en horas de la mañana y en horas de la noche, mas no se aplica esta disminución sobre la ecuación multivariante ya que se mantiene constante teniendo una elevación con un máximo de hasta 72,9 teniendo una caída tanto en horas de la mañana como en horas de la tarde y noche.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021



**Gráfico 7. Comparación de los NPS experimental con Ecuación. integral del DMQ lineal y multivariante.**

En el gráfico podemos observar que los modelos tanto multivariante como lineal con las ecuaciones del DMQ no se acercan a los valores ya que como se observa están muy distantes y por lo tanto no se podría usar la ecuación general del DMQ.

Como observamos hay un tope entre los NPS experimental y la ecuación lineal con un valor de 70,3 en el horario de 12 am 13 pm tomando en cuenta que es el único acercamiento pronunciado que tienen, y a su vez tomando en cuenta que los valores entre la ecuación lineal y multivariante se relacionan en el horario de la noche.

### **Discusión**

Para poder hacer una comparación del flujo vehicular ( $Q_t$ ) con los valores analizados por Moromenacho entre los años de 2013-2014 se aprecia que en el horario de la mañana se mantiene un flujo vehicular bajo entre 1500 y 1600 vehículos como podemos observar en el gráfico (1), por otro lado, según (OÑA, 2016) para las mismas horas empieza entre los valores de 2000 a 2500 vehículos por lo que demuestra que a variado constantemente con el pasar del tiempo el flujo vehicular en dicho horario.

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

En el mismo se observa, de acuerdo con el análisis, que el pico más alto se da entre las horas de las 11 y 12 con un pico de 1790 vehículos posterior se tiene un flujo relativamente constante, teniendo un pico de caída entre el horario de las 15 y 16:00 de 1570 vehículos como se muestra en el grafico (1), mientras que según (OÑA, 2016) el pico más alto se produce en el horario de la mañana de 10 a 11:00 teniendo una caída prolongada en los horarios de la tarde y noche.

Mientras tanto, el nivel de ruido obtenido en el estudio actual muestra que en la mañana el nivel de ruido alcanza un máximo de 73,4 dB (A) mientras que en el horario de 12 a 13:00 decrece dando un valor mínimo de 70,3 dB (A), mientras que en la tarde se mantiene una elevación en el horario de 16 a 18:00, esto está asociado a que las personas regresan a sus domicilios de sus lugares de trabajo, como se puede observar en el grafico(1), mientras que según (OÑA, 2016) los picos más altos se producen en el horario de la mañana obteniendo una media de 72,9 dB (A) mientras que en el horario de la noche se produce un decrecimiento de 71,3 dB (A), como es de esperarse en la noche disminuye de manera pronunciada tanto el flujo vehicular como el ruido ambiental.

Una de las variables estudiadas es la velocidad demostrando la influencia que esta tiene en el nivel del ruido dependiendo del flujo vehicular a las diferentes horas como se puede observar en el grafico (2), existen picos de velocidad máxima en horas de la tarde de 15 a 16:00 con un nivel máximo de velocidad de 61 km/h, mientras que según (OÑA, 2016) la velocidad se mantiene constante con un promedio de 50 km/h durante todo el día manteniendo una velocidad constante.

En el último estudio según (OÑA, 2016) en el año 2014 obtuvo como resultado mínimo de 66,7 dB (A) mientras como resultado máximo de 74,7 comparado con el presente estudio se puede observar una disminución del nivel máximo obteniendo como resultado un valor de 73,5 dB(A) y un valor mínimo de hasta 72,1 dB (A) que se da en los días sábado y domingo, con lo que podemos observar que los niveles varían dependiendo tanto de los días como las horas del estudio, obteniendo una variabilidad de los datos de subida y bajada sin ningún orden específico.

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Según la autora Tania Oña la ecuación multivariante se ajusta de una manera adecuada a las condiciones del sector sur, sin embargo, las variables de velocidad tienen que estar en un rango de 37 a 38 km/h, un flujo de vehículos livianos ( $Q_l$ ) de 1913 - 2677 y un transporte pesado ( $Q_p$ ) de 180 y 350 por hora específico (OÑA, 2016). En comparación con los estudios presentes tenemos una menor cantidad de vehículos livianos ( $Q_l$ ) de 1399 - 1580 y un transporte pesado ( $Q_p$ ) de 152 - 185, como se observa en la gráfica (7) los valores mínimos se producen en los horarios de la mañana y de la noche obteniendo un resultado de 71,4 dB (A) y un pico máximo de 72,6 dB(A) entre los horarios de 13 a 14pm, mientras que si observamos el  $Leq$  experimental obtenemos un valor máximo de 72,4 dB (A) a las mismas horas tomando en cuenta que los datos se acercan a los límites máximos permisibles.

### ***Conclusiones***

El estudio realizado cumplió con el objetivo general de aplicar un modelo estadístico predictivo del ruido ambiental urbano en la zona sur Quitumbe Ñan del Distrito Metropolitano de Quito a partir de un análisis lineal y multivariante de Coral y Et al y su validación al 2021.

Los objetivos específicos permitieron realizar un registro de automóviles livianos y pesados, determinar la velocidad del tráfico en la avda. Quitumbe Ñan estableciendo los diferentes grados de error entre los modelos validados del 2019 con respecto al 2021.

Se establece que la congestión vehicular en la Av. Quitumbe Ñan se produce en horarios de 7 a 9 am en sentido sur norte y en los horarios de la tarde de la tarde de 17 a 19pm en sentido norte sur.

En conclusión, se establece que aparte del ruido que se produce por el flujo vehicular también existe otro tipo de ruidos externos, producidos por el ruido urbano que se produce en el sector.

## VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

En el ruido ambiental no solo influye al momento que existe demasiado flujo vehicular, sino también existe ruido ambiental al momento que los automóviles aumentan su velocidad y no cuentan con un respectivo silenciador alcanzando niveles máximos de hasta 100 dB (A) tanto en livianos como pesados.

El modelo que más se ajusta al área investigada es el modelo multivariante ya que tiene un error de 1.1%, pero sin embargo la lineal no se aleja ya que se obtuvo un error de 1.2% y tiene una menor carga de trabajo ya que solo se trabajaría con el conteo de los automóviles.

### ***Recomendaciones***

El sur de Quito, por encontrarse en una zona de alto crecimiento poblacional, genera un aumento del tráfico vehicular, evidenciando que sobrepasan los límites permitidos de ruido, se recomienda realizar controles y planes de mitigación de ruido de forma permanente, que permitan cuantificar el grado de molestia y los efectos en la salud de las personas

Se recomienda que la academia realice estudios permanentes del ruido ambiental en el Distrito Metropolitano tanto en el sector urbano como el rural.

Sensibilizar a la ciudadanía, autoridades a nivel del gobierno y municipio, sobre la importancia del ruido ambiental y las consecuencias que conllevan este en la salud del ser humano.

Al ser la avenida Quitumbe Ñan avenida principal y estar ubicada al frente de una institución gubernamental se recomienda hacer estudios de impacto para tener los diferentes tipos de afectación tanto del ruido vehicular como de otros factores externos.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

***Bibliografía***

Organización Mundial de la Salud. (2003). Guías para el Ruido Urbano:

Organización de las Naciones Unidas. Agenda 21. [En línea] Rio de Janeiro: ONU, 1992. [Citado 21 de mayo 2010]. URL disponible en [http://www.un.org/esa/dsd/agenda21\\_spanish/index.shtml](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml)

García, B., Garrido F (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. La Caixa: 169-194.

González Alice. (2005). Evaluación de impacto acústico: Modelos predictivos sencillos que podrían dar complicaciones. UDELAR.

Moreno Jiménez & Pedro Martínez (2005) El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y Evaluación Cuantitativa de la Población Potencialmente Afectada.

Romero Fernández, Amelia y, María Teresa (2005). La ley del ruido y sus implicaciones en la edificación. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja,

Cavas L., Caballero J., Muñoz V. (2006). Análisis comparativo de un modelo teórico de mediciones sonoras y el software SOUNPLAN Ver. 6,2 aplicado al tráfico vehicular. Revista de Ingeniería Universidad de los Andes. 23(1): 58-67.

Miriam German & Arturo González, (2006) Del concepto de ruido urbano de paisaje sonoro

Rojo, M. (2007). Regresión Lineal Múltiple. Instituto de Economía y Geografía: 2-25.

Álvarez, J., & Suárez, E. (2008). Estudio Comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico rodado utilizando mediciones en la ciudad de Osorno. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Izurieta A, (2009) Elaboración de un mapa de ruido ambiental y estudio de factibilidad de la ubicación de los puntos de monitoreo para la red de monitoreo de ruido ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, zona 4. (Norte de Quito). (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

Díaz F, (2009), Elaboración de un mapa de Contaminación acústica del Distrito Metropolitano de Quito – Sur, Utilizando Sistemas de Información Geográfica. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Rubianes F, (2009), Elaboración de un mapa de ruido ambiental para determinar la ubicación más apropiada de los puntos de monitoreo para la Red Mínima de Monitoreo del Ruido Ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, Zonas 2: Calderón, Carapungo, Centro, Los Chillos y Tumbaco. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito

Rojas C, (2010), Diseño del mapa de ruido ambiental de los sectores: Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario en el Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha – Ecuador. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

Katty Coral / Tania Moromenacho / Alonso Moreta / Fabio Villalba / Jorge Esteban Oviedo [22] Mora, P, (2010) Diseño de un mapa de ruido de la contaminación acústica de la zona urbana norte (Carapungo, Calderón, Cotocollao, La Delicia, Pablo Arturo Suárez) de la Ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

Andrade C, (2011), Elaboración de mapa de ruido de la red vial del Distrito Metropolitano de Quito: zona norte 1.(Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

Ramírez González A, Domínguez E, (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol.35 no.137 Bogotá Oct./Dec. 2011

Ramírez González, A., Domínguez Calle, (2011). El Ruido vehicular urbano

Lombeida M, (2012). Realización de un modelo matemático predictivo de ruido urbano, para la ciudad de Quito, basado en el modelo de predicción de Sánchez. Universidad Internacional SEK, Quito.

Moreno G, (2012). Realización de un modelo matemático predictivo para ruido urbano de la ciudad de Quito y comparación con el modelo CoRTN. Universidad Internacional SEK, Quito.

Velez, M (2013) Validación de los modelos matemáticos de ruido urbano UISEK de linealización de una función no lineal y análisis multivariante en el sector centro occidente de la ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

Genaro, N. (2014). Sistema de predicción de ruido urbano mediante redes neuronales. Universidad de Granada: 21-29.

Ballesteros C (2014), Validación de los modelos matemáticos predictivos de ruido urbano por linealización de una función no lineal y análisis multivariante en la zona centro occidente de quito para el año 2014. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Orozco Martha, (2015). La importancia del control de la contaminación por ruido en las ciudades

MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador, (2015). Acuerdo Ministerial 097 A Agencia Metropolitana de tránsito AMT. (20 de enero de 2015). Obtenido de <http://www.amt.gob.ec/index.php/pico-placa-homepage.html>

Recio, A., Carmona, R., Linares, C., Ortiz, C., Banegas, J.R., Díaz, J. (2016) Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad: 5-25.

Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (2019), Anuario Estadístico de transporte. Quito.

Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito (2019) [38] MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador, (2008). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Katty Coral, (2020). Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, validados al 2019, como herramienta de calidad ambiental

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2000). Plan General de Desarrollo Territorial del DMQ

Haro P (2021), Análisis de modelo estadísticos predictivos del ruido urbano a partir del método lineal y multivariante en el sector norte de Quito de Coral y ET Al .para su validación en el 2021 (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito)

,

.

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO  
AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN  
EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Anexos

Anexo 1. Modelos predictivos para la zona sur Av Quitumbe Ñan

Modelos predictivos de ruido para SUR DE QUITO AV QUITUMBE ÑAN (horario)											
Hora	N° de vehículos		N° total de	Velocidad Promedio	Ecuación lineal	Ecuación Multivariante	Leq experimental	Error ec.linea	ec.multivariante	dispersion lineal	dispersion multivariante
	Livianos	Pesados									
7-8 am	1399	173	1571	54	66,9	71,4	72,4	7,5	1,3	5,4	0,9
8-9 am	1463	181	1644	58	67,3	72,4	73,2	8,0	1,1	5,8	0,8
9-10 am	1420	183	1603	59	67,1	72,5	73,4	8,6	1,2	6,3	0,9
10-11 am	1520	185	1705	57	67,7	72,4	72,2	6,3	0,3	4,5	0,2
11-12 am	1590	181	1771	56	68,0	72,3	71,9	5,4	0,6	3,9	0,4
12-13 pm	1538	179	1718	56	67,7	72,2	70,3	3,7	2,7	2,6	1,9
13-14 pm	1547	173	1719	60	67,7	72,8	72,6	6,8	0,2	4,9	0,2
14-15 pm	1526	154	1680	60	67,5	72,4	72,3	6,6	0,2	4,8	0,1
15-16 pm	1399	171	1570	61	66,9	72,6	72,7	7,9	0,1	5,8	0,0
16-17 pm	1562	176	1738	57	67,8	72,4	72,9	7,0	0,7	5,1	0,5
17-18 pm	1560	158	1717	58	67,7	72,2	73,0	7,3	1,1	5,3	0,8
18-19 pm	1579	152	1731	54	67,8	71,4	73,4	7,7	2,7	5,6	2,0
	<b>215,510204</b>	<b>2065</b>	<b>20168</b>	<b>57,5</b>	<b>67,5</b>	<b>72,3</b>	<b>72,5</b>	<b>6,9</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,7</b>

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

Anexo2. Modelo predictivo de ruido DMQ

Modelos predictivos de ruido para SUR DE QUITO AV QUITUMBE ÑAN (horario)											
Hora	N° de vehículos		N° total de	Velocidad Promedio	Ecuación lineal	Ecuación Multivariante	Leq experiment	Error ec.linea	ec.multivariante	dispersion lineal	dispersion multivariante
	Livianos	Pesados									
7-8 am	1399	173	1571	54	69,7	72,9	72,4	3,6	0,8	2,6	0,6
8-9 am	1463	181	1644	58	70,0	74,3	73,2	4,3	1,5	3,2	1,1
9-10 am	1420	183	1603	59	69,8	74,4	73,4	4,9	1,3	3,6	1,0
10-11 am	1520	185	1705	57	70,2	74,3	72,2	2,7	2,9	2,0	2,1
11-12 am	1590	181	1771	56	70,5	74,3	71,9	2,0	3,3	1,4	2,4
12-13 pm	1538	179	1718	56	70,3	74,1	70,3	0,0	5,3	0,0	3,7
13-14 pm	1547	173	1719	60	70,3	75,1	72,6	3,2	3,3	2,4	2,4
14-15 pm	1526	154	1680	60	70,1	74,8	72,3	3,0	3,5	2,2	2,5
15-16 pm	1399	171	1570	61	69,7	74,7	72,7	4,1	2,8	3,0	2,1
16-17 pm	1562	176	1738	57	70,4	74,4	72,9	3,5	2,0	2,5	1,5
17-18 pm	1560	158	1717	58	70,3	74,5	73,0	3,7	2,0	2,7	1,5
18-19 pm	1579	152	1731	54	70,3	73,4	73,4	4,2	0,0	3,1	0,0
	<b>215,510204</b>	<b>2065</b>	<b>20168</b>	<b>57,5</b>	<b>70,1</b>	<b>74,3</b>	<b>72,5</b>	<b>3,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>1,7</b>

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

**Anexo 3. Promedio diario NPS**

DIAS DE LA SEMANA	Leq experimental
LUNES	73,5
MARTES	72,4
MIÉRCOLES	72,5
JUEVES	72,8
VIERNES	72,8
SÁBADO	72,1
DOMINGO	72,1

**Anexo4. Modelos predictivos de ruido para la zona sur Av Quitumbe Ñan (diario)**

Dia	N° de vehículos		N° total de	Velocidad Promedio
	Livianos	Pesados		
Lunes	1670	189	1859	57
Martes	1551	199	1749	57
Miércoles	1503	179	1682	58
Jueves	1565	194	1759	57
Viernes	1556	185	1741	58
Sábado	1426	133	1559	58
Domingo	1371	126	1496	59
	<b>10641</b>	<b>1204</b>	<b>11846</b>	<b>57</b>

**Anexo 5. Máximos permisibles fuentes móviles**

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DEL MOTOR EN LA PRUEBA (rpm)	NPS MÁXIMO [dB(A)]
Motocicletas o similares	• Motocicletas, tricars, cuadrones y los vehículos de transmisión de cadena, con motores de 2 ó 4 tiempos.	De 4.000 a 5.000	90
Vehículos livianos	• Automotores de cuatro o más ruedas con un peso neto vehicular inferior a 3.500 kilos.	De 2.500 a 3.500	88
Vehículos pesados para carga	• Automotores de cuatro o más ruedas destinados al transporte de carga, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kilogramos.	De 1.500 a 2.500	90
Buses, busetas	• Automotores pesados destinados al transporte de personas, con peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kilos.	De 1.500 a 2.500	90

VALIDACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS PREDICTIVOS DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO, LINEAL Y MULTIVARIANTE DE CORAL Y ETALL EN EL SECTOR SUR DE QUITO PARA SU VALIDACION EN EL 2021

**Anexo 6. Niveles máximos permisibles para fuentes fijas**

Tipo de Zona Según el Uso del Suelo	Nivel de presión Sonora Equivalente →NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección (1)	45	40
Zona Residencial	50	35
Zona Residencial Múltiple (2)	55	45
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 (3)	65	55
Zona Industrial 3 y 4 (4)	70	60

- Notas: (1) Equipamientos de Servicios Sociales.  
(2) Incluye uso comercial y de servicios, uso agrícola residencial, y equipamiento de servicios públicos.  
(3) Incluye uso de aprovechamiento de recursos renovables  
(4) Incluye uso de aprovechamiento de recursos no renovables.

**Anexo 7. Sonometro integrador modelo 407788**

