

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**



**FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS”**

Realizado por:

**ABRAHAM JOSUÉ CHÁVEZ CRUZ**

Director del proyecto:

**Dra. Ing. Katty Coral**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Quito, 2023

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

**DECLARATORIA JURAMENTADA**

Yo, ABRAHAM JOSUÉ CHÁVEZ CRUZ, con cédula de identidad 172553399-4, 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 handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Job Chavez', written over a horizontal line.

**FIRMA**

**172553399-4**

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS”**

Realizado por:

**ABRAHAM JOSUÉ CH´ZVEZ CRUZ**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

**Dra. Ing. KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Katty Verónica Coral Carrillo', is written over a horizontal blue line.

**FIRMA**

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**PhD. ALBERTO ALEJANDRO AGUIRRE BRAVO**

**PhD. MIGUEL MARTINEZ FRESNEDA MESTRE**

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



**FIRMA**



**FIRMA**

Quito, 14 de Julio de 2023

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

El presente Trabajo de Fin de Carrera ha sido realizado dentro del Programa de Investigación de la Universidad Internacional SEK denominado:

**Energías, Ambiente y Biotecnología**

Perteneciente a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por ser quien me inspira y me da fuerzas para seguir adelante.

A mis Padres Efrén y Marisol por su amor, trabajo y sacrificio en estos años, a mis hermanos por brindarme su ayuda y estar siempre presentes con su apoyo incondicional.

También quiero dedicar de manera especial a la memoria de mi abuelita Clelita (+) quien con su ejemplo de amor y servicio me dejó la enseñanza de grandes valores.

Josué Ch.

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por bendecirme y guiarme a lo largo de mi vida.

Agradezco a mis padres, principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me inculcaron.

De manera especial a mis hermanos Naty y Pablo que fueron parte fundamental en el cumplimiento de esta meta, ya que sin su apoyo no lo hubiera logrado. Dios los bendiga grandemente y siempre nos mantengamos unidos.

A mi tutora de tesis Katty Coral, a quien admiro por su profesionalismo y sobre esto su don de gente, también por haberme guiado no solo a largo de este trabajo de investigación, sino también en mi carrera estudiantil y brindarme su apoyo para desarrollarme a través de sus conocimientos.

Josué Ch.

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

**Abraham Josué Chávez Cruz<sup>1</sup>, Katty Verónica Coral Carrillo<sup>1\*</sup>, Alberto Alejandro Aguirre Bravo<sup>1</sup>, Miguel Martínez Fresneda Mestre<sup>1</sup>**

**“VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA ECUACIÓN PREDICTIVA DE RUIDO AMBIENTAL DE CORAL Y ET AL, EN LA ZONA DE ESTUDIO, UNIDADES EDUCATIVAS”**

<sup>1</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

Quito, Ecuador. 14 de julio de 2023

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Dra. Ing. Katty Verónica Coral Carrillo,

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

Quito, Ecuador.

Teléfono:0983084617; email [katty.coral@uisek.edu.ec](mailto:katty.coral@uisek.edu.ec)



# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **RESUMEN**

El ruido puede provenir de diversas fuentes, como el tráfico vehicular, la maquinaria industrial, la construcción, la música alta, entre otros. En este estudio se realizó la validación y corrección de la ecuación predictiva de ruido ambiental de Coral et al 2020, en las unidades educativas de la zona La Delicia. Inicialmente, se llevó a cabo un proceso de recolección de datos exhaustivo que abarcó un período de tres meses. Se realizaron mediciones y análisis detallados del ruido ambiental en las unidades educativas seleccionadas, utilizando la ecuación propuesta por Coral et al como punto de partida. Los resultados obtenidos revelaron que la ecuación predictiva de ruido ambiental en estudio, demostró ser efectiva en la mayoría de las unidades educativas evaluadas. Se encontró un bajo promedio de error, con un margen inferior al 5% para la ecuación lineal lo que indica que la ecuación no requiere correcciones significativas para estos puntos de estudio específicos. Sin embargo, se identificó una excepción importante en la unidad educativa Juan Figueroa, donde se observó un error considerable en la ecuación. Por otro lado, para la ecuación multivalente se ajustó con un factor de corrección de 7,9 para la zona norte y 9,1 para DMQ. Con base en los hallazgos, se recomienda realizar un estudio adicional en la unidad educativa Juan Figueroa, con una mayor cantidad de datos y un monitoreo más prolongado.

**Palabras claves:** ruido ambiental, unidades educativas, flujo vehicular, ecuación multivalente

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**  
**ABSTRACT**

Noise can come from various sources, such as vehicular traffic, industrial machinery, construction, loud music, etc. In this study, the validation and correction of the environmental noise predictive equation of Coral et al. 2020 were carried out in the academic units of the study area. La Delicia. Initially, a comprehensive data collection process was carried out that spanned a significant period. Detailed measurements and analyses of environmental noise were carried out in the selected academic units, using the equation proposed by Coral et al. as a starting point. The results revealed that the predictive equation of environmental noise under study by Coral et al. proved effective in most of the educational units evaluated. A low average error was found, with a margin of less than 5% for the linear equation, which indicates that the equation would not require significant corrections for these specific study points. However, an important exception was identified in the Juan Figueroa educational unit, where a considerable error was observed in the equation. On the other hand, the multivalent equation was adjusted with a correction factor of 7.9 for the northern zone and 9.1 for DMQ. Based on the findings, carrying out an additional study in the Juan Figueroa academic unit is recommended, with more data and comprehensive monitoring.

**Key words:** environmental noise, educational units, vehicular flow, multivalent equation, multivalent equation

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El ruido ambiental se ha convertido en una de las principales preocupaciones ambientales debido a su impacto negativo en la salud y el bienestar de los seres humanos y otros organismos vivos (Farooqi et al., 2022). De manera general, el ruido se describe como sonidos no deseados, irritantes o fuertes que tienen un efecto negativo en la salud de los seres humanos y en la vida silvestre (Patarkalashvili, 2022). El ruido vehicular se produce debido a la vibración del cuerpo del vehículo y el tono de trabajo del motor (Nakashima, 2016). Además, existen otros tipos de ruido, como el ruido impulsivo, constante, esporádico y de bajo nivel. Si cualquiera de estas formas de ruido supera los 60 decibeles, puede resultar perjudicial para la salud humana y de otros animales (Magiera & Solecka, 2021). Según las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la exposición al ruido en la comunidad, se recomienda un nivel de menos de 30 dB(A) de decibelios ponderados A en el dormitorio durante la noche para asegurar un sueño de buena calidad. Asimismo, aconseja un nivel inferior a los 35 dB(A) en las aulas para proporcionar condiciones óptimas de enseñanza y aprendizaje. En cuanto al ruido nocturno, las directrices de la OMS sugieren un nivel de menos de 40 dB(A) de promedio anual ( $L_{noche}$ ) fuera de las habitaciones para prevenir los efectos negativos que este puede tener en la salud (OMS, 2022).

La salud física y mental de las personas se ve significativamente afectada por el ruido del tráfico, que se sabe que es la principal fuente de ruido en las zonas urbanas. En las áreas metropolitanas, el ruido de las redes de tráfico vial de alta densidad tiende a amplificarse y dispersarse más ampliamente, incluso hacia las zonas escolares (Wen et al., 2019). En algunas ciudades, como Nueva Delhi en India y Guangzhou en China, el ruido ha tenido un

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

impacto tan negativo en los residentes que los legisladores han tenido que intervenir y prohibir el uso de vehículos ruidosos para reducir la contaminación acústica (Garg et al., 2017).

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra entre las ciudades más ruidosas de la región, debido a factores como la industria, el tráfico vehicular, el comercio y los centros de diversión. El Municipio tiene la responsabilidad de regular el ruido ambiental y para ello, ha implementado Ordenanza Metropolitana No. 001 de la ciudad de Quito (2019). Esta ordenanza establece la necesidad de prevenir, evaluar, controlar y monitorear la emisión de ruido para proteger la salud de los ciudadanos. La ordenanza se encuentra vigente en el Código Único Municipal y busca minimizar los efectos negativos del ruido en la calidad de vida de la población

La exposición al ruido puede ser la causa de diversas enfermedades, desde leves hasta graves, como la sordera, el dolor de cabeza, la presión arterial elevada, el malestar, los mareos, la hipertensión y el insomnio. Incluso puede provocar enfermedades más serias como la insuficiencia cardíaca y afectar al sistema inmunológico (Tobías et al., 2015). En un estudio epidemiológico realizado por et al (2017) determinaron que la exposición al ruido incrementa la probabilidad de desarrollar ciertas enfermedades, tales como cáncer arterial, asma, accidentes cerebrovasculares y disfunciones arteriales El ruido del tráfico provoca problemas de aprendizaje, pérdida de comunicación, comprensión de las conversaciones y falta de atención. Además, el ruido causa estragos en la comunicación, la memoria y la audición lo que provoca problemas en Unidades Educativas (Farooqi et al., 2022).

En el ámbito educativo, la contaminación acústica puede perjudicar el proceso de enseñanza y afectar la calidad de vida de docentes y estudiantes. Es esencial contar con

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

métodos precisos para medir y predecir el nivel de ruido en las instituciones educativas

(Patarkalashvili, 2022). Existen varios problemas relacionados con la medición de ruido ambiental en diferentes entornos en Ecuador. Uno de los problemas es la falta de medidores de ruido calibrados y laboratorios de calibración, lo que puede afectar la precisión de las mediciones. Otro problema es la limitación de medir ruido en condiciones de lluvia, lo que puede afectar la recopilación de datos y la precisión de los resultados. Además, se considera un problema la seguridad física durante la medición del ruido debido a factores externos que podrían interferir en la medición y poner en riesgo al personal encargado de la recolección de datos (Monti et al., 2020).

La ecuación predictiva de ruido ambiental de Coral y sus colegas (2020), ha sido ampliamente empleada en estudios diversos como una herramienta efectiva para anticipar el nivel de ruido en diferentes contextos. Sin embargo, se requiere una validación y corrección específicas de la aplicación de esta ecuación en las Unidades Educativas, debido a las particularidades de este entorno. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar los resultados de la validación y corrección de la ecuación predictiva de ruido ambiental de Coral y et al en el entorno de las Unidades Educativas de la zona la Delicia. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo del nivel de ruido en diferentes entornos escolares y se han comparado los resultados obtenidos mediante la ecuación de Coral y et al con los valores medidos in situ. Los resultados obtenidos permitirán mejorar la precisión de la ecuación predictiva de ruido ambiental en el entorno de las Unidades Educativas y, por tanto, contribuirán a mejorar la calidad de vida de los estudiantes y profesores.

## **1.1. Tipos de Ruido**

A continuación, se describen cuatro tipos de ruido más comunes:

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **1.1.1. Ruido continuo**

Hace referencia al fenómeno del ruido que se mantiene constante en términos de frecuencia, volumen y duración durante períodos prolongados. Un ejemplo de ello es la actividad de maquinaria en la industria textil, donde se produce un sonido con el mismo número de repeticiones, frecuencia e intensidad durante un turno laboral de 6 a 8 horas. Este tipo de ruido puede tener efectos negativos en el bienestar de los empleados de la fábrica, provocando desde síntomas como vómitos hasta problemas más graves como presión arterial elevada y trastornos cardíacos, este tipo de ruido también puede ocurrir en instalaciones educativas, como escuelas o colegios, que persiste durante períodos prolongados (Tobías et al., 2015). Este ruido puede provenir de diversas fuentes, como el tráfico fuera del edificio, el ruido de las aulas vecinas, los sistemas de calefacción o aire acondicionado, los pasillos concurridos o incluso la actividad de los estudiantes (Narubayeva, 2021).

## **1.1.2. Ruido esporádico**

En los entornos escolares, es común enfrentarse a situaciones donde el ruido esporádico o intermitente perturba la tranquilidad y el ambiente propicio para el aprendizaje. Este tipo de ruido puede tener diversas fuentes, tanto internas como externas las instituciones educativas, generando distracciones que afectan el desarrollo académico (Knauf Insulation, 2022).

Dentro de las instalaciones escolares, el ruido esporádico puede surgir de actividades en las aulas, como el movimiento de sillas, golpes en las mesas, uso de material didáctico y las interacciones entre los estudiantes. Estos sonidos pueden interrumpir la concentración, dificultar la comunicación y perjudicar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje (Dwivedi et al., 2021). Por otro lado, las fuentes externas de ruido esporádico en entornos escolares

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

pueden incluir el tráfico vehicular, obras de construcción cercanas, eventos deportivos o festividades en las inmediaciones. Aunque no sean constantes, estos ruidos pueden generar distracciones significativas, especialmente si las aulas no cuentan con un buen aislamiento acústico (Barrett et al., 2019).

### **1.1.3. Ruido impulsivo**

El ruido impulsivo es aquel que se genera y se disipa rápidamente. Sonidos como el tic-tac de un reloj, el golpe de un martillo, las gotas de agua que caen desde una gran altura, son ejemplos de ruido impulsivo. Este tipo de ruido suele interferir en la capacidad de comunicación de las personas y puede generar incomodidad y ansiedad entre quienes se encuentran estudiando en el aula (Barrett et al., 2019).

En el contexto escolar, es importante tener en cuenta que la presencia de ruido impulsivo puede tener un impacto significativo en el proceso de aprendizaje. Estos sonidos súbitos y de corta duración pueden interrumpir las actividades en el aula, dificultando la concentración de los estudiantes y la transmisión efectiva del conocimiento por parte de los profesores (Magiera & Solecka, 2021).

Además de los ejemplos mencionados, existen otras fuentes de ruido impulsivo en entornos educativos. Por ejemplo, las redes alámbricas, las redes de radio celular y las líneas eléctricas pueden generar interferencias y ruido impulsivo, lo cual se convierte en un desafío importante a la hora de mitigar sus efectos. Para abordar el problema del ruido impulsivo en las escuelas o colegios, se pueden implementar diferentes estrategias. Entre ellas se incluye la utilización de materiales de aislamiento acústico en las aulas, la instalación de puertas y ventanas que reduzcan la penetración del ruido impulsivo, así como la educación y

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

concientización sobre la importancia de mantener un entorno silencioso para el aprendizaje

(Radun et al., 2022).

## **1.1.4. Baja frecuencia**

El ruido de baja frecuencia se caracteriza por ser más intenso que otros tipos de ruido, y el zumbido y la distorsión que genera pueden agravar los problemas asociados. Este tipo de ruido puede disminuir la inteligibilidad del habla incluso más que otros sonidos, excepto aquellos que se encuentran dentro del espectro de frecuencia del habla debido a la amplificación ascendente del enmascaramiento (Behler & Uppenkamp, 2020).

Es importante destacar que el ruido de baja frecuencia puede tener un impacto significativo en el entorno educativo. Puede dificultar la comunicación efectiva entre profesores y estudiantes, así como también afectar la concentración y el rendimiento académico. Además, este tipo de ruido puede generar incomodidad y malestar entre los miembros de la comunidad escolar (Gilavand & Jamshidnezhad, 2016).

## **1.2. Efectos del ruido en el aprendizaje**

En las escuelas y colegios, el ruido ambiental puede tener un impacto significativo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Este tipo de ruido afecta a diversas áreas clave del desarrollo académico y puede generar una serie de problemas.

La comprensión lectora es una de las habilidades que se ven afectadas por el ruido ambiental en las escuelas. La presencia de ruido dificulta la concentración y la atención necesarias para procesar y comprender adecuadamente el texto escrito. Esto puede llevar a dificultades en la comprensión de lectura y a un rendimiento académico inferior en esta área (Fernandes et al., 2019).



## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

La capacidad de escucha también se ve afectada por el ruido en el entorno escolar. El ruido ambiental puede dificultar la discriminación de sonidos y la capacidad de prestar atención a la voz del profesor o a los compañeros de clase. Esto puede interferir en la capacidad de los estudiantes para seguir las instrucciones y participar activamente en las actividades de aprendizaje (Québec, 2022).

La comprensión del habla es otra área afectada por el ruido en las escuelas. El ruido de fondo puede dificultar la audición y comprensión de las palabras y frases pronunciadas por el profesor durante las lecciones. Esto puede llevar a una pérdida de información importante y a una menor asimilación de los contenidos educativos (Yang et al., 2017).

La memoria también se ve perjudicada por el ruido ambiental. El ruido constante o intermitente puede dificultar la retención y recuperación de información, especialmente cuando se realizan tareas cognitivamente exigentes que requieren una comprensión profunda. Esto puede llevar a un deterioro en el rendimiento de la memoria y a una disminución en el aprendizaje efectivo (Jafari et al., 2019).

Es importante destacar que los efectos del ruido en el aprendizaje son especialmente pronunciados en los niños más pequeños de primaria. Su capacidad de concentración y adaptación al entorno de aprendizaje es aún más vulnerable a los efectos negativos del ruido (Foraster et al., 2022).

A largo plazo, la exposición constante al ruido dentro y fuera del salón de clases, incluido el ruido del transporte, puede tener un impacto significativo en el rendimiento académico de los niños. Los posibles efectos incluyen problemas de atención, dificultad para diferenciar sonidos, dificultad para entender lo que se dice, pérdida de motivación para aprender y deterioro de la memoria, especialmente en tareas complejas que requieren

# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

comprensión. Además, se ha observado que el ruido ambiental puede generar un retraso de hasta dos meses en el aprendizaje de la lectura y puede influir en los resultados en matemáticas (Shield & Dockrell, 2008).

## 1.3. Acuerdo ministerial 097A

En el acuerdo ministerial 097A, esta norma establece los niveles máximos de emisión de ruido tanto para fuentes fijas como móviles, así como los métodos para verificar el cumplimiento de dichos niveles. La Fuente Fija de Ruido (FFR) se refiere a una o varias fuentes emisoras de ruido ubicadas en un lugar específico, como talleres, lavaderos, fábricas, terminales y discotecas. En la tabla 1 se puede observar los niveles máximos de emisión de ruido para FFR (Ministerio del Ambiente, 2015).

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
Uso de suelo	LKeq (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el LKeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. <b>Ejemplo:</b> Uso de suelo: Residencial + ID2 LKeq para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del LKeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

**Tabla 1.**  
*Niveles máximos de ruido*

En la presente tesis se planteó como objetivo general validar la ecuación predictiva de ruido ambiental de Coral Et al 2020, en la zona La Delicia: estudio unidades educativas, con el fin

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

de corregirla de ser necesario. Para cumplirlo se plantearon objetivos específicos que se enuncian a continuación:

- Identificar las zonas de estudio y establecer puntos y horarios de muestreo de ruido ambiental.
- Validar las ecuaciones de Coral et al, lineal y multivariante Norte y General del DMQ, para establecer posibles desviaciones a través de la medición de ruido ambiental in situ.
- Establecer factores de corrección de las ecuaciones, de ser necesario, para su aplicación en otras unidades educativas.
- Generar medidas de mitigación de ruido ambiental en las zonas estudiadas.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Sitio de estudio**

# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

La zona de estudio comprende cuatro escuelas ubicadas a lo largo de la zona La

Delicia. En la tabla 2 se detalla las coordenadas de cada institución y en la figura 1 el mapa de ubicación.

**Tabla 2.**

*Datos zonas de estudio*

Nombre de Institución	Dirección	Coordenadas
Unidad Educativa Alvernia	Av. de la Prensa y Av. del Maestro	X: 778947 Y: 9986353
Unidad Educativa Bilingüe William Thomson Internacional	Calle Ángel Ludeña 460 Entre Av. La Prensa y Machala.	X: 778634 Y: 9985960
Educación General Básica Juan Raimundo Figueroa	Lizardo Ruiz OE4-522 y Domingo Segura.	X: 779145 Y: 9987423
Colegio Nacional Andrés Bello	Avenida de la prensa N71-79 y Pablo Picasso	X: 779152 Y: 9988228



**Figura 1.**

*Instituciones educativas*

## 2.2. Técnica para recolectar datos

Para determinar los modelos, se utilizó una técnica que se basó en replicar la metodología NORMA ISO 1995 previamente utilizada. Durante una hora de muestreo, se

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

obtuvieron 10 mediciones de un minuto cada una. Después de esto, se promediaron los datos obtenidos, lo que permitió obtener una sola medición por hora. En total, se realizó la toma de mediciones de enero a marzo durante 13 horas al día, de 7:00 a.m. a 20:00 p.m. En las siguientes unidades educativas Alvernia, Andrés Bello, William Thomson y Raimundo Figueroa.

### **2.3. Método utilizado para el muestreo con sonómetro integrador**

Para llevar a cabo la medición de ruido ambiental, se siguió un protocolo basado en la normativa ecuatoriana, que incluyó varias etapas. En primer lugar, se seleccionó previamente el lugar de muestreo y se ubicó el trípode en el punto cero. A continuación, se desplegó el trípode hasta una altura recomendada de 1.5m y se ubicó el sonómetro con un ángulo de 45° con el eje horizontal. Se encendió el sonómetro previamente calibrado y se seleccionó la frecuencia tipo “A” y el modo “Leq” (presión sonora equivalente). Se calibró a 94 y 114 dB (A), se configuró el tiempo de medición en 1 minuto y se inició la medición. Se esperó a que el sonómetro terminara la medición de 1 minuto y se detuviera automáticamente, y se verificó el valor obtenido para anotarlo en el registro correspondiente.

### **2.4. Número de vehículos**

Durante 13 horas, en un horario de 7:00 a 20:00, se utilizó una cámara de video para grabar la actividad vehicular en el área de estudio. Posteriormente, se revisó el material grabado y se registró el número de vehículos livianos y pesados que pasaron por el sector en cada hora.

### **2.5. Procesamiento de datos**

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

Los datos experimentales se registraron inicialmente en el cuaderno de campo y luego se tabularon en Microsoft Excel 2016. Posteriormente, se utilizaron las herramientas estadísticas disponibles en el programa para realizar un análisis más preciso de la información obtenida. En la tabla de muestreo, se registraron los datos durante cuatro meses de estudio, en un horario de 7h00 a 20h00. Se incluyó el conteo de vehículos livianos y pesados, así como la suma de estos vehículos para obtener el número total de vehículos por horas. También se registró la velocidad promedio por hora y los datos previamente calculados de NPS para las ecuaciones lineal y multivariante.

### **2.5.1. Promedio de ruido**

Se utilizó la fórmula de Coral et al. (2020) denominada nivel de presión sonora, utilizada para el promedio de ruido para cada punto (Unidades Educativas). Ya que el ruido es logarítmico y la formula nos ayuda a determinar su promedio.

$$Leq = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{T} * \sum_{i=1}^N \Delta P_i 10^{\frac{Leq_i}{10}} \right) \quad (1)$$

Donde:

Leq= nivel de presión sonora continuo equivalente

Leq<sub>i</sub>= nivel de presión sonora equivalente instantánea

$\Delta P_i$ = fracción del tiempo de la medición

### **2.5.2. Obtención de la velocidad**

Con la siguiente ecuación se toma la distancia de un punto A hasta un punto B, cuya longitud fue de 10 metros entre los puntos y se utilizó un cronometro para medir el tiempo

## VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

que los vehículos pesados o ligeros tardaron en pasar entre A y B para obtener la velocidad expresada en km/h.

$$V = \frac{D}{t} \quad (2)$$

Donde:

V= velocidad

D= distancia

t= tiempo

### 2.5.3. Ecuaciones utilizadas

Se emplearon las ecuaciones propuestas por Coral et al. (2020) para el modelo predictivo lineal y multivariante. Para la zona norte la Delicia, se utilizó la Ecuación 3 para la linealización y la Ecuación 4 para el análisis multivariante.

$$Leq_{hora} = 2.63 + 20.12 \log Qt \quad (3)$$

$$Leq_{hora} = 24.12 + 7.13 \log Ql + 6.77 \log Qp + 0.18 Vprom \quad (4)$$

Además, se emplearon las ecuaciones propuestas por Coral y colaboradores para el diseño del modelo estadístico integral del DMQ. Para la linealización se utilizó la Ecuación 5 y para el análisis multivariante la Ecuación 6.

$$Leq_{hora} = 23,92 + 24.33 \log Qt \quad (5)$$

$$Leq_{hora} = 9.99 + 13.08 \log Ql + 3.47 \log Qp + 0.26 Vprom \quad (6).$$

Donde:

Leq<sub>hora</sub> = Nivel de presión sonora por hora

Qt = Flujo vehicular total por hora

Ql = Flujo vehicular liviano por hora

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

$Q_p$  = Flujo vehicular pesado por hora

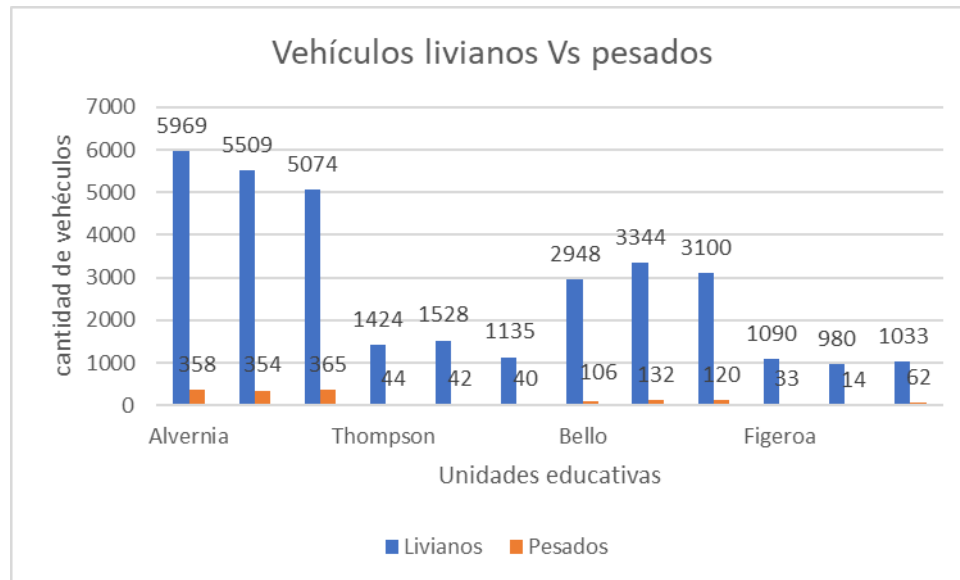
$V_{prom}$  = Velocidad promedio (km/h)



# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

## 3. Resultados

### 3.1. Cantidad de vehículos por Unidad Educativa



**Figura 2.**  
*Vehículos livianos Vs pesados*

En las diferentes Unidades Educativas, se observa una variación significativa en la cantidad de vehículos que transitan. En la Figura 2 se representa esta variación mediante dos barras de diferentes colores. La barra azul representa la cantidad de vehículos livianos, mientras que la barra naranja representa la cantidad de vehículos pesados.

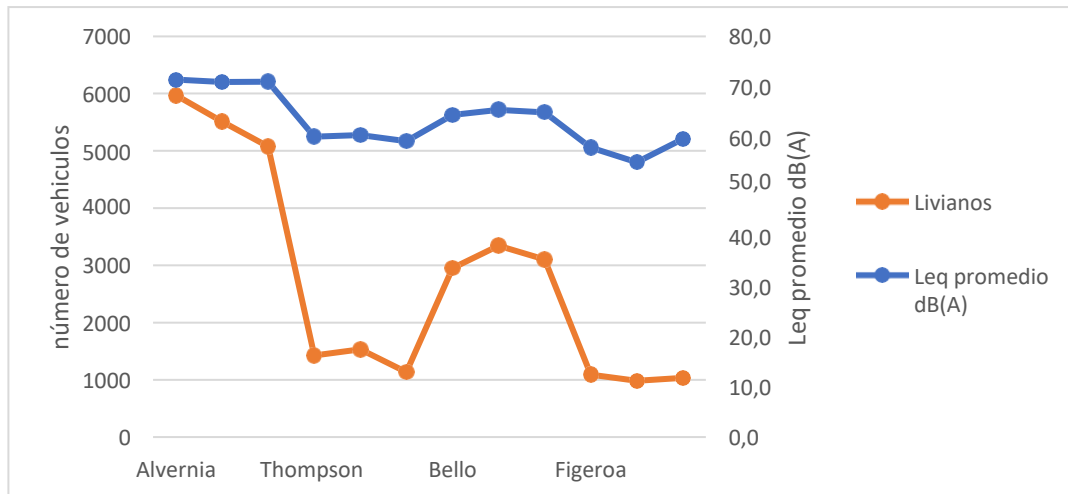
Se destaca que la Unidad Educativa Alvernia tuvo la mayor incidencia de vehículos livianos, con un total de 5969 vehículos. Le sigue la Unidad Educativa Andrés Bello, con 3344 vehículos livianos. En tercer lugar, se encuentra la Unidad Educativa William Thompson, con 1528 vehículos livianos. Por último, la Unidad Educativa Juan Figueroa registró la menor cantidad de vehículos, con un total de 1033 vehículos livianos, pero con una muy superior actividad comercial

# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

Estos datos resaltan las diferencias en la afluencia de vehículos en cada Unidad

Educativa, lo cual puede tener implicaciones en el tráfico y la planificación de la infraestructura vial cercana a estas instituciones.

## 3.2. Comparación del flujo vehicular livianos con la ecuación de ruido



**Figura 3**  
*Flujo vehicular Vs ruido*

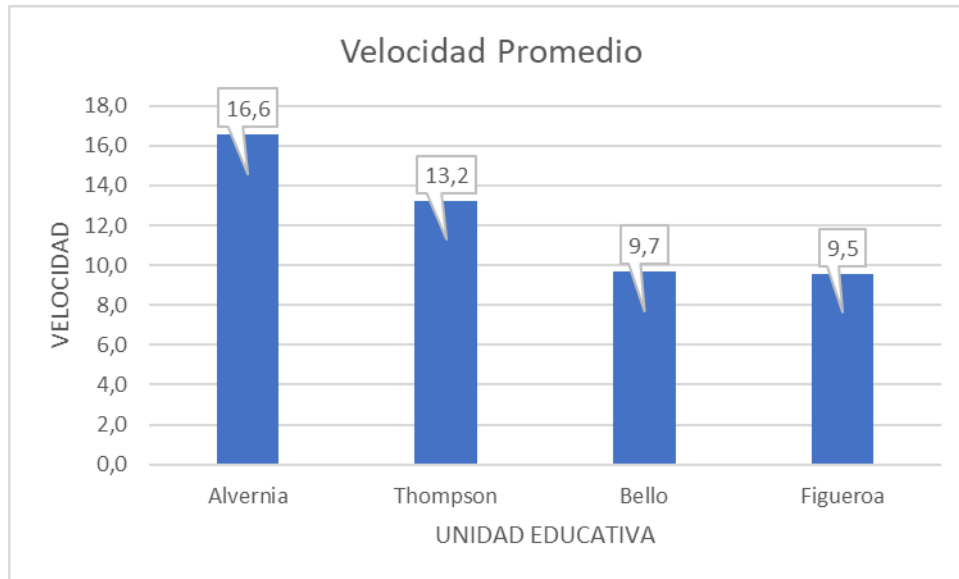
En la Figura 3 se muestra una representación gráfica de los niveles de decibeles utilizando la ecuación de ruido sin ajustar. La línea azul corresponde al promedio de decibeles, mientras que la línea naranja representa el flujo vehicular de los vehículos livianos.

Se observa que la línea azul, varía en cada Unidad Educativa. En el Colegio Alvernia, se registran los niveles más altos de decibeles, seguido de Thompson con niveles ligeramente más bajos. Bello, por su parte, presenta niveles de decibeles ligeramente superiores a Thompson, pero inferiores a Alvernia. Finalmente, en el colegio Figueroa se registran los niveles más bajos de decibeles, alcanzando un valor de 54.

# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

Estos datos nos permiten visualizar las diferencias en los niveles de ruido en cada Unidad Educativa, lo cual puede ser relevante para evaluar el impacto del tráfico vehicular en el entorno escolar y considerar medidas de mitigación del ruido.

### 3.3. Promedio de las velocidades en las Unidades Educativas



**Figura 4.**  
*Velocidad promedio*

En relación a las velocidades de tránsito y su relación con el ruido, se puede observar que existen diferencias significativas entre las distintas Unidades Educativas, a pesar de su proximidad geográfica. En particular, el Colegio Alvernia presenta el mayor flujo de vehículos, lo cual puede estar asociado a una mayor actividad y presencia de vías principales cercanas. Esta mayor afluencia de vehículos puede contribuir a generar niveles más altos de ruido en las inmediaciones de esta institución educativa. Por otro lado, la escuela Figueroa se encuentra en una ubicación caracterizada por un flujo vehicular reducido. Esto se debe principalmente a la presencia de un activo comercio informal en la zona, que restringe

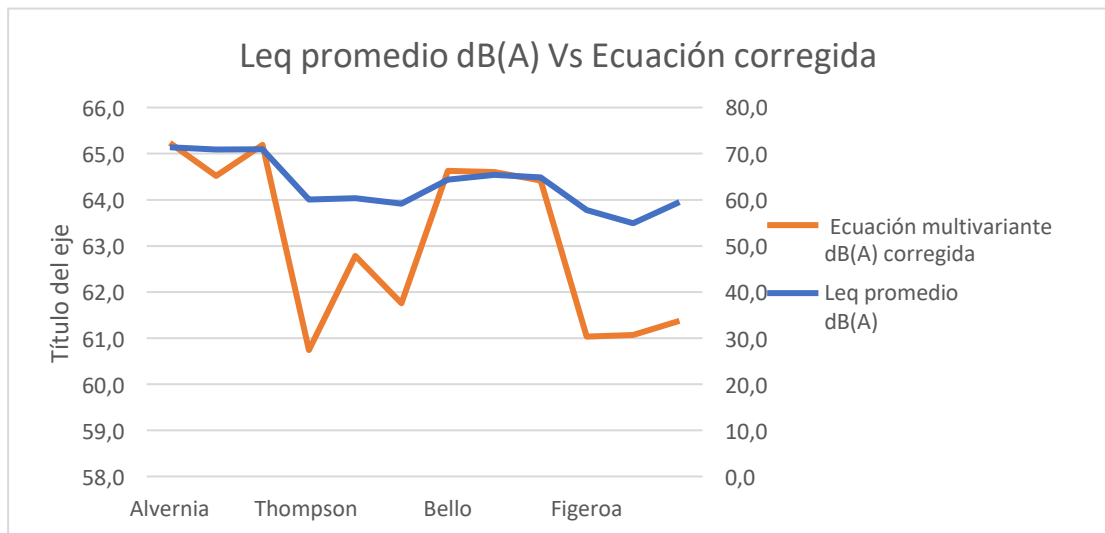
# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS

considerablemente la circulación de vehículos. Además, cabe destacar que la entrada principal de la escuela se encuentra en esta intersección, que carece de semáforos, lo que contribuye a que los vehículos circulen a una velocidad más lenta.

## 3.4. Ecuación multivariante corregida

Escuela	Factor de corrección Eq L	Factor de corrección Eq L DMQ	Livianos	Pesados	Velocidad prom	Leq promedio dB(A)	Ecuación multivariante dB(A) corregida	Ecuación multivariante DMQ dB(A) corregida	% Error multivariante	% Error multivariante DMQ
Alvernia	4,4	3,2	5969	358	16,9	71,4	65,2	81,7	8,6	14,5
	4,1	3,1	5509	354	15,7	70,9	64,5	81,0	9,0	14,2
	5,0	4,2	5074	365	17,1	71,0	65,2	80,9	8,1	14,0
Thompson	5,2	5,0	1424	44	12,6	60,0	60,7	69,3	1,2	15,5
	8,7	8,2	1528	42	13,9	60,3	62,8	70,0	4,1	16,0
	8,7	8,9	1135	40	13,1	59,1	61,8	68,0	4,5	15,1
Bello	10,8	10,2	2948	106	9,8	64,3	64,6	74,0	0,5	15,1
	9,5	8,9	3344	132	9,7	65,4	64,6	75,1	1,2	14,9
	9,7	9,2	3100	120	9,6	64,8	64,4	74,5	0,6	14,9
Figeroa	8,8	15,3	1090	33	9,6	57,8	61,0	66,6	5,6	15,2
	10,0	17,4	980	14	9,3	54,9	61,1	64,6	11,3	17,7
	10,2	15,8	1033	62	9,8	59,5	61,4	67,3	3,1	13,1
Promedio	7,9	9,1							4,8	15,0

**Tabla 3.**  
*Ecuación multivariante corregida*



**Figura 5**  
*Ecuación Coral et al Vs Ecuación corregida*

En la Tabla 3 se presentan los cálculos realizados para corregir la ecuación de ruido utilizando el enfoque multivariante propuesto por Coral et al. Se puede observar el proceso

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

de ajuste para la primera escuela, Alvernia, donde se muestra un  $Leq$  promedio dB(A) de 71,4 y un porcentaje de error mayor al 5%. Para el Distrito Metropolitano de Quito el error es 15 siendo sumamente alto, para disminuir la precisión se recomienda aumentar la toma de muestras. Esto indica que se requiere una corrección en la ecuación inicial.

Para realizar este paso, se aplicaron factores de corrección tanto para la zona norte como para el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), cuyos promedios fueron de 7,9 y 9,1 respectivamente. Después de aplicar estos ajustes, se obtuvo la siguiente ecuación para la zona norte (1) y DMQ (2) corregida:

$$Leq_{hora} = 24,12 + 7,13 \log Ql + 6,77 \log Qp + 0,18 Vprom + 7,9 \quad (1)$$

$$Leq_{hora} = 9,99 + 13,08 \log Ql + 3,47 \log Qp + 0,26 Vprom + 9,1 \quad (2)$$

Al utilizar esta fórmula corregida, se logra disminuir el porcentaje de error a 4,8 %. Esto indica que la ecuación multivariante ajustada proporciona una mejor estimación del nivel de ruido en comparación con la ecuación inicial (Figura 5).

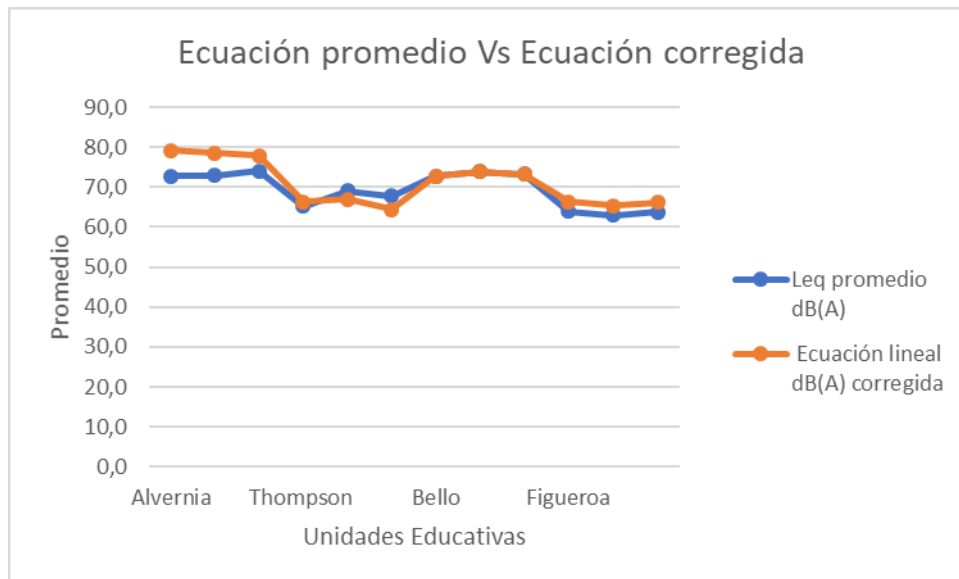
Este enfoque de ajuste multivariante permite considerar diferentes variables y factores específicos de cada área geográfica, lo cual mejora la precisión en la estimación del nivel de ruido. Esto es importante para obtener mediciones más precisas y confiables, y garantizar un análisis más adecuado del impacto del ruido en el entorno de las Unidades Educativas.

### **3.5. Ecuación Lineal.**

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

Escuela	Factor de corrección Eq L	Factor de corrección Eq L	Total Vehiculos	Leq promedio dB(A)	Ecuación lineal dB(A) corregida	Error
Alvernia	3,4	3,3	6327	72,8	79,2	8,7
	4,0	3,5	5863	72,9	78,5	7,6
	1,9	1,8	5439	74,0	77,8	5,2
Thompson	-1,2	1,2	1468	65,2	66,4	1,8
	2,1	2,1	1570	69,0	67,0	3,0
	3,4	3,4	1175	67,8	64,4	5,0
Bello	2,4	2,4	3054	72,7	72,8	0,1
	1	1	3476	73,9	73,9	0,1
	1,3	1,3	3220	73,2	73,2	0,1
Figueroa	8,8	8,8	1123	64,0	66,4	3,7
	10	10	994	62,9	65,3	3,8
	10,2	10,2	1095	63,8	66,2	3,8
Promedio	3,9	4,08				

**Tabla 4.**  
*Valores ecuación lineal*



**Figura 6**  
*Ecuación lineal*

En la tabla 4 y figura 6 se muestra el análisis de las ecuaciones utilizadas y se puede observar que no existe una diferencia significativa en la tendencia de las ecuaciones. Esto

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

indica que la ecuación lineal utilizada inicialmente ha demostrado ser válida para este procedimiento.

Al examinar el promedio de ruido obtenido, se observa que es menor al 5%. Esto significa que la ecuación lineal utilizada se ajusta de manera adecuada a los datos y no requiere correcciones adicionales.

Este resultado es importante, ya que indica que la ecuación lineal proporciona una estimación precisa y confiable del nivel de ruido en las Unidades Educativas analizadas. Al no requerir correcciones adicionales, se simplifica el proceso de evaluación y se puede utilizar esta ecuación de manera efectiva para futuros análisis y mediciones de ruido en entornos escolares.

### **4. Discusión**

El propósito de esta investigación fue evaluar si las ecuaciones predictivas de ruido ambiental desarrollada por Coral et al. se sostienen y pueden ser consideradas como una herramienta precisa y confiable en la predicción del nivel de ruido en el norte del DMQ.

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

Los resultados obtenidos durante la validación y corrección de la ecuación predictiva de ruido ambiental de Coral et al. en la zona de estudio, específicamente en unidades educativas, arrojaron algunos hallazgos interesantes.

En el caso de la ecuación lineal, los resultados indicaron que no hubo errores significativos, lo que implica que esta ecuación pudo ajustarse adecuadamente a los datos recopilados durante el período de muestreo de tres meses. Esto sugiere que la ecuación lineal es una herramienta precisa y confiable para predecir el nivel de ruido ambiental en las unidades educativas de la zona de estudio.

Sin embargo, los resultados para la ecuación multivariada mostraron discrepancias en la zona norte, donde se obtuvieron valores de ajuste de 7,9 y 9,1 para el valor de la zona norte y (DMQ), respectivamente. Estos valores indican una desviación significativa entre los datos observados y los predichos por la ecuación multivariada en dicha zona. Esto podría sugerir que la ecuación multivariada no es tan efectiva en la predicción del nivel de ruido ambiental en la zona norte de las unidades educativas de la zona de estudio.

Un aspecto a considerar es que otro estudio similar, realizado por Haro (2021) en una semana de muestreo, mostró una correlación muy alta de 0,99, similar a la obtenida por Coral et al. Esto indica que la validez de la ecuación puede variar dependiendo de la duración y el contexto específico del muestreo. Es posible que la discrepancia observada en la zona norte durante el período de tres meses se deba a factores ambientales o variables locales que no fueron capturados por la ecuación multivariada propuesta (Tipán, 2019).

La observación de una cantidad máxima de vehículos en las Unidades Educativas de 5969 vehículos plantea un escenario de alto flujo vehicular en la zona durante el horario de referencia. Sin embargo, entre los colegios existe una diferencia significativa de flujo



## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

vehicular, la diferencia en el flujo vehicular entre los colegios de Quito puede ser atribuida a la ubicación geográfica, el tamaño de la población estudiantil, la accesibilidad al transporte público, la infraestructura vial y los horarios escolares (Baquerizo et al., 2018). Estos factores combinados contribuyen a las disparidades observadas en los niveles de tráfico en los diferentes colegios. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Haro (2021) en la zona de la Panamericana Norte, donde se registraron aproximadamente 6000 vehículos entre las 8 y 9 de la mañana, se observa una similitud en la magnitud del flujo vehicular en ambos estudios.

Esta coincidencia en los números sugiere que las Unidades Educativas en la zona de estudio experimentan un alto tráfico vehicular en las horas de la mañana, posiblemente debido al ingreso y salida de estudiantes y personal escolar. La concentración de vehículos en estas áreas puede generar condiciones de congestión y afectar la calidad del aire, el ruido ambiental y la seguridad vial en los alrededores de las Unidades Educativas (Morales, 2020).

Los resultados de la ecuación corregida indican que la corrección realizada para la zona norte tuvo un impacto significativo en el nivel de ruido predicho por la ecuación original de (Coral et al., 2020). El valor ajustado de 65,2 para el colegio Alvernia muestra una reducción en el nivel de ruido estimado después de considerar las características particulares de la zona norte. Por otro lado, el valor de 81.7 corresponde al DMQ y representa la variabilidad en los niveles de ruido predichos por la ecuación corregida. Un valor más alto de DMQ indica una mayor variabilidad en las predicciones de ruido, lo que puede deberse a diversos factores como la complejidad del entorno, la falta de precisión en las mediciones o la influencia de variables no consideradas en el modelo.

# **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

## **5. Conclusiones**

- La validación de la ecuación lineal demostró que en la mayoría de los puntos (Unidades Educativas), el promedio de error se encuentra por debajo del 5%. Esto indica que la ecuación lineal es precisa y confiable para predecir los niveles de ruido en estos puntos, sin necesidad de aplicar un factor de corrección. Sin embargo, se observó un error

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

significativo en el Colegio Figueroa debido a la presencia de una feria libre que reduce

la velocidad de los vehículos y afecta la precisión de la ecuación. Para establecer datos más precisos en este punto, se requiere recopilar más información y considerar otros factores que puedan influir en los niveles de ruido.

- En el caso de la ecuación multivariante, se determinó que existe la necesidad de aplicar un factor de corrección, ya que el promedio de error superó el 5%. Se estableció un factor de corrección de 7,9 para la zona norte y 9,1 para el (DMQ). Estos factores de corrección permiten ajustar los resultados predichos por la ecuación multivariante, mejorando así la precisión de los niveles de ruido estimados.
- El factor de corrección obtenido hasta el momento se basa en una cantidad limitada de datos y, por lo tanto, no es definitivo. Para obtener un factor de corrección más preciso y confiable, se requiere una mayor cantidad de datos recopilados a lo largo de un período de tiempo más amplio

### **6. Recomendaciones**

- Realizar un nuevo estudio en la Unidad Educativa Figueroa, enfocándose en la recopilación de una mayor cantidad de datos, considerando el impacto del comercio informal y evaluando otras fuentes de ruido presentes en el entorno. Estas acciones ayudarán a obtener resultados más fiables y a comprender mejor la situación sonora en la zona de estudio.

## **VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

- Resaltar la importancia del ruido ambiental, sus consecuencias en la salud humana y la necesidad de sensibilizar a la ciudadanía y a las autoridades pertinentes. Promover una mayor conciencia y acciones concretas ayudará a garantizar entornos más saludables y una mejor calidad de vida para todos.
- Realizar estudios periódicos del ruido ambiental en los diferentes sectores de Quito, resaltando su importancia, utilidad y el impacto en la toma de decisiones. Mantener la continuidad de estos estudios permitirá contar con datos actualizados y representativos para futuras investigaciones y acciones de control del ruido ambiental.

### **Listas de Referencias**

Baquerizo, A., Cevallos, D., Echeveria, A., & Vilatuña, H. (2018). LAS NUEVAS PLATAFORMAS GUBERNAMENTALES EN LA PARROQUIA DE IÑAQUITO . *Revista GEOESPACIAL*, 15(1), 1–14.

Barrett, P., Treves, A., Shmis, T., Ambasz, D., & Ustinova, M. (2019). The Impact of School Infrastructure on Learning. In *INTERNATIONAL DEVELOPMENT IN FOCUS The Impact of School Infrastructure on Learning*.

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

Behler, O., & Uppenkamp, S. (2020). Activation in human auditory cortex in relation to the

loudness and unpleasantness of low-frequency and infrasound stimuli. *PLoS ONE*, 15(2). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0229088>

Coral, K. V., Moromenacho, T., Moreta, A., Villalba, F., & Oviedo, J. (2020). “Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, como herramienta de calidad ambiental.” *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.18272/aci.v12i1.941>

Dwivedi, Y. K., Ismagilova, E., Hughes, D. L., Carlson, J., Filieri, R., Jacobson, J., Jain, V., Karjaluoto, H., Kefi, H., Krishen, A. S., Kumar, V., Rahman, M. M., Raman, R., Rauschnabel, P. A., Rowley, J., Salo, J., Tran, G. A., & Wang, Y. (2021). Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions. *International Journal of Information Management*, 59, 102168. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2020.102168>

Farooqi, Z. U. R., Ahmad, I., Ditta, A., Ilic, P., Amin, M., Naveed, A. B., & Gulzar, A. (2022). Types, sources, socioeconomic impacts, and control strategies of environmental noise: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 29:54, 29(54), 81087–81111. <https://doi.org/10.1007/S11356-022-23328-7>

Fernandes, R. A., Vidor, D. C. G. M., & de Oliveira, A. A. (2019). The effect of noise on attention and performance in reading and writing tasks. *CoDAS*, 31(4), e20170241. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017241>

Foraster, M., Esnaola, M., López-Vicente, M., Rivas, I., Álvarez-Pedrerol, M., Persavento, C., Sebastian-Galles, N., Pujol, J., Dadvand, P., & Sunyer, J. (2022). Exposure to road traffic noise and cognitive development in schoolchildren in Barcelona, Spain: A

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

population-based cohort study. *PLoS Medicine*, 19(6).

<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1004001>

Garg, N., Sinha, A. K., Gandhi, V., Bhardwaj, R. M., & Akolkar, A. B. (2017). *Effect of odd-even vehicular restrictions on ambient noise levels at ten sites in Delhi city.*

Gilavand, A., & Jamshidnezhad, A. (2016). The effect of noise in educational institutions on learning and academic achievement of elementary students in Ahvaz, South-West of Iran. *International Journal of Pediatrics*, 4(3), 1453–1463.

<https://doi.org/10.22038/ijp.2016.6500>

Haro, P. (2021). *Analisis Del Modelo Estadístico Predictivo De Ruido Ambiental Urbano a Partir Del Método Lineal Y Multivariante En El Sector Norte De Quito De Coral Y Et Al Para Su Validación En 2021.* [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK].

Jafari, M. J., Khosrowabadi, R., Khodakarim, S., & Mohammadian, F. (2019). The Effect of Noise Exposure on Cognitive Performance and Brain Activity Patterns. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(17), 2924.

<https://doi.org/10.3889/OAMJMS.2019.742>

Knauf Insulation. (2022). *Classroom Noise Pollution And Its Negative Effects*. Knauf Insulation. <https://www.knaufnorthamerica.com/en-us/blog/effect-of-noise-pollution-in-the-classroom>

Magiera, A., & Solecka, J. (2021). Environmental noise, its types and effects on health. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 72(1), 41–48.

<https://doi.org/10.32394/rpzh.2021.0147>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA*

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

*DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE | Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios.*

<https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-ministerial-097-anexos-normativa-reforma-libro-vi-texto-unificado-legislacion-secundaria-ministerio-ambiente>

Monti, L., Vincenzi, M., Mirri, S., Pau, G., & Salomoni, P. (2020). RaveGuard: A Noise Monitoring Platform Using Low-End Microphones and Machine Learning. *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 5583, 20(19), 5583. <https://doi.org/10.3390/S20195583>

Morales, A. (2020). *Análisis del ruido de tráfico en la parroquia rural de Conocoto* [Quito: Universidad de las Américas, 2020]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12259>

Münzel, T., Daiber, A., Steven, S., Tran, L. P., Ullmann, E., Kossmann, S., Schmidt, F. P., Oelze, M., Xia, N., Li, H., Pinto, A., Wild, P., Pies, K., Schmidt, E. R., Rapp, S., & Kröller-Schön, S. (2017). Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation: mechanistic insight from studies in mice. *European Heart Journal*, 38(37), 2838–2849. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHX081>

Nakashima. (2016). *Vehicular suction noise transmission system*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/3a/d0/b6/59a0293571d0a9/US9926896.pdf>

Narubayeva, S. (2021). *Evaluation of indoor environmental quality in Sagkeeng Junior School*. <https://mspace.lib.umanitoba.ca/xmlui/handle/1993/35403>

OMS. (2022). *La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición*. <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>

Ordenanza Municipal 1. (2019). Ciudad de Quito. [https://www.quito-turismo.gob.ec/descargas/2019/lotaip2019/junio/ORDENANZA%20001\(1\).pdf](https://www.quito-turismo.gob.ec/descargas/2019/lotaip2019/junio/ORDENANZA%20001(1).pdf)

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**

Patarkalashvili, T. (2022). Noise Pollution is One of the Main Health Impacts in Big Cities

Today. *Open Access Journal of Biogeneric Science and Research*, 11(1), 2–4.

<https://doi.org/10.46718/jbgsr.2022.11.000257>

Québec. (2022, June 16). *The effects of environmental noise on health* .

<https://www.quebec.ca/en/health/advice-and-prevention/health-and-environment/the-effects-of-environmental-noise-on-health>

Radun, J., Maula, H., Rajala, V., Scheinin, M., & Hongisto, V. (2022). Acute stress effects

of impulsive noise during mental work. *Journal of Environmental Psychology*, 81,

101819. <https://doi.org/10.1016/J.JENVP.2022.101819>

Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2008). The effects of environmental and classroom noise on

the academic attainments of primary school children. *The Journal of the Acoustical*

*Society of America*, 123(1), 133–144. <https://doi.org/10.1121/1.2812596>

Tipán, L. (2019). *Correlación entre los niveles de ruido de tráfico y la concentración de*

*material particulado producido por el tráfico vehicular en la Autopista General*

*Rumiñahui* [Quito: Universidad de las Américas, 2019].

<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11793>

Tobías, A., Recio, A., Díaz, J., & Linares, C. (2015). Health impact assessment of traffic

noise in Madrid (Spain). *Environmental Research*, 137, 136–140.

<https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2014.12.011>

Wen, X., Lu, G., Lv, K., Jin, M., Shi, X., Lu, F., & Zhao, D. (2019). Impacts of traffic noise

on roadside secondary schools in a prototype large Chinese city. *Applied Acoustics*, 151,

153–163. <https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2019.02.024>

Yang, X., Jiang, M., & Zhao, Y. (2017). Effects of noise on english listening comprehension



**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**  
among chinese college students with different learning styles. *Frontiers in Psychology*,

8(OCT), 1764. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2017.01764/BIBTEX>

**Anexos**

**Anexo 1.**

*Toma de datos y equipos*

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**



# VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS



**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**



**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**



**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**  
**Anexo 2.**

*Medición de Ruido Unidad Educativa Bilingüe William Thomson*

Hora	Leq (medido)							
7:00am - 8:00am	66,3	57,8	67,4	62,4	68,1	61,3	65,2	57,8 <sup>l</sup>
8:00am - 9:00am	64,1	68,4	63,1	66,5	65,5	66	69,1	
9:00am - 10:00am	66,1	67	67,8	67,6	66,6	64,4		
10:00am - 11:00am	64,1	65,4	64,9	67,1	67,1			
11:00 am -12: 00pm	63,8	65	60,2	60,6	64			
12:00pm - 13:00pm	60,7	64,1	61,1	62,8				
13:00pm - 14:00pm	59	70,6	65,9					
14:00pm - 15:00pm	57,7	68,2						
15:00pm - 16:00pm	67,9							
16:00pm - 17:00pm	65,							
17:00pm - 18:00pm								
18:00pm - 19:0								
19:00								

**Anexo 3.**

*Medición de Ruido Escuela de Educación General Básica Juan Raimundo Figueroa*

Hora	Leq (medido)									
MEDICIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7:00am - 8:00am	70,0	71,7	70,1	69,9	68,7	70,3	70,7	71,4	72,3	73,0
8:00am - 9:00am	65,8	69,6	69,3	71,9	69,1	72,3	65,0	69,6	66,7	70,0
9:00am - 10:00am	72,6	72,1	69,9	68,2	71,5	68,6	72,8	70,4	71,1	69,1
10:00am - 11:00am	69,3	69,9	68,1	68,5	68,5	68,9	70,7	71,6	66,5	66,4
11:00 am -12: 00pm	72,2	66,8	70,0	71,9	68,3	67,1	70,1	71,7	72,1	67,2
12:00pm - 13:00pm	76,2	78,7	76,3	75,0	72,0	73,2	74,5	76,1	72,5	78,1
13:00pm - 14:00pm	76,7	73,6	75,5	73,4	73,0	73,5	72,5	73,3	71,7	72,6
14:00pm - 15:00pm	70,2	72,7	71,1	73,4	70,5	72,5	74,2	74,6	72,6	76,1
15:00pm - 16:00pm	68,4	73,4	72,7	70,2	71,8	77,7	73,2	71,0	69,9	70,7
16:00pm - 17:00pm	71,0	69,9	68,8	71,0	73,4	69,9	74,6	71,1	72,2	73,2
17:00pm - 18:00pm	69,7	70,1	70,1	69,9	70,1	82,6	82,2	72,3	72,8	72,5
18:00pm - 19:00pm	72,8	71,1	72,7	74,4	73,5	73,7	74,5	74,2	74,9	78,1
19:00pm - 20:00pm	64,3	67,4	70,7	64,1	65,1	68,4	63,4	65,2	70,7	65,5

**VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS DE RUIDO AMBIENTAL POR REGRESIÓN LINEAL Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN LA ZONA LA DELICIA, ESTUDIO ENFOCADO EN UNIDADES EDUCATIVAS**  
**Anexo 4.**

*Medición de Ruido Colegio Nacional Andrés Bello*

Hora	Leq (medido)									
MEDICIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7:00am - 8:00am	75,0	73,1	72,7	74,1	76,8	77,4	73,9	80,1	73,4	74,0
8:00am - 9:00am	73,4	74,5	72,4	76,1	73,4	74,5	70,4	73,4	72,8	76,6
9:00am - 10:00am	71,9	73,2	73,9	81,0	74,3	76,2	71,7	70,9	74,3	77,1
10:00am - 11:00am	72,7	75,7	75,0	78,2	75,4	73,4	72,4	71,7	73,0	71,8
11:00 am -12: 00pm	73,6	72,9	72,3	74,1	72,5	73,3	77,4	73,0	73,0	72,6
12:00pm - 13:00pm	73,1	77,7	70,4	74,3	71,3	73,8	81,8	75,0	70,4	72,0
13:00pm - 14:00pm	79,1	70,2	73,1	70,4	73,4	73,4	70,8	75,8	75,2	80,2
14:00pm - 15:00pm	71,5	74,6	72,5	73,5	71,9	72,4	71,0	73,6	71,2	71,4
15:00pm - 16:00pm	73,8	74,9	71,5	74,5	73,7	70,9	76,0	72,4	74,1	74,0
16:00pm - 17:00pm	70,0	75,0	72,2	73,7	74,3	71,9	72,8	71,0	79,2	74,0
17:00pm - 18:00pm	73,6	76,0	73,3	71,2	72,7	69,4	74,3	71,8	71,7	74,6
18:00pm - 19:00pm	81,2	74,1	81,4	75,1	77,6	75,4	72,1	80,0	71,4	72,5
19:00pm - 20:00pm	76,5	75,0	71,4	71,3	76,2	71,2	70,5	84,6	73,4	76,6

**Anexo 5**

*Medición de Ruido Unidad Educativa Alvernia*

Hora	Leq (medido)									
MEDICIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7:00am - 8:00am	72,2	73,5	75,0	73,9	74,2	73,1	74,4	73,3	72,6	71,6
8:00am - 9:00am	69,9	76,0	72,9	72,5	72,8	72,2	73,6	72,5	78,9	83,7
9:00am - 10:00am	78,5	70,6	72,1	72,3	72,1	73,2	70,3	72,5	75,7	74,3
10:00am - 11:00am	77,2	74,0	72,8	73,5	75,3	72,4	71,4	70,8	71,7	73,1
11:00 am -12: 00pm	75,7	74,9	76,5	76,0	76,6	73,6	73,2	73,9	78,9	73,6
12:00pm - 13:00pm	74,3	75,3	64,6	77,6	72,7	74,5	73,3	77,7	73,4	75,8
13:00pm - 14:00pm	75,4	71,4	76,3	77,8	75,8	76,4	73,6	72,9	73,8	73,4
14:00pm - 15:00pm	81,4	75,5	74,1	73,6	73,4	74,3	74,8	77,5	74,5	74,8
15:00pm - 16:00pm	74,6	72,2	72,0	76,6	76,7	75,1	73,7	75,6	75,1	75,6
16:00pm - 17:00pm	73,2	71,8	78,0	77,5	71,6	72,6	70,2	77,6	74,6	77,3
17:00pm - 18:00pm	85,0	76,4	77,3	75,2	72,0	76,6	79,1	77,0	70,5	74,7
18:00pm - 19:00pm	72,8	78,1	75,1	77,1	81,0	72,1	78,6	81,0	76,1	76,4
19:00pm - 20:00pm	75,6	73,5	78,9	77,2	73,8	72,2	76,9	72,3	80,2	75,4