

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA**

**Análisis y medición de contaminación acústica en sectores de
alta densidad vehicular de la ciudad de Quito.**

Lorena Alejandra Salazar Soria

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. Lorena Alejandra Salazar Soria como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniera Electrónica en Telecomunicaciones.

Noviembre 2009

ING. DARWIN AGUILAR
Director

ING. RODOLFO GORDILLO
Codirector

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, a mis padres Sixto y Luisa que han sido pilar fundamental en todos los aspectos de mi vida, a mi hermana Gabriela por ser un apoyo incondicional y a mi hermana Camila por ser mi pequeña confidente.

A los Ingenieros Darwin Aguilar, Rodolfo Gordillo y Paúl Bernal, por ser mis guías durante el tiempo de realización de este proyecto y por compartir conmigo sus conocimientos.

A mi compañero y gran amigo David Velásquez que colaboró con una parte importante de este proyecto como son las mediciones de ruido ambiental de varios de los sectores seleccionados.

Finalmente, a la Escuela Politécnica del Ejército, institución en la cual durante 5 años viví muchas experiencias y aprendí muchas cosas que se que me servirán en mi futuro profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí, a mis padres, que han sido pilar fundamental en todos los aspectos de mi vida y a mis hermanas Gabriela y Camila que siempre han estado junto a mí en todos los momentos importantes de mi vida.

PRÓLOGO

En el presente trabajo de investigación se pretende reflejar de la forma más fiel posible a la realidad un problema que afecta a la sociedad en general, en especial a aquellas personas que viven en grandes núcleos urbanos. Este problema, conocido muy bien como decimos, por las personas que residen en las ciudades, es el de la contaminación acústica.

Para la elaboración del presente estudio se ha escogido la ciudad de Quito y se han tomado como referencia los datos aportados en la DEFINICION Y PLANIFICACION DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CONTAMINACION ACUSTICA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO elaborado por la CORPAIRE sobre las zonas que están caracterizadas por el alto flujo vehicular y franjas de uso residencial, industrial y comercial con el fin de obtener un conocimiento de la realidad acústica ambiental de la ciudad y que servirá como base importante para la realización definitiva del trabajo.

En el desarrollo de este estudio, se ha procedido a la realización de una serie de mediciones de niveles de ruido a fin de determinar cuáles de los sectores escogidos para el estudio están sobre la norma establecida tomada como referencia, ISO 1996/2.

Básicamente, el presente trabajo de investigación trata de conocer y poner en conocimiento el alcance de la contaminación acústica sobre la población de esta

ciudad y sus posibles repercusiones: nivel de vida, salud, relaciones con los demás, etc.

Además tiene como objetivo principal el realizar un mapa de contaminación acústica que es una herramienta fundamental en un estudio de ruido y que además refleja de manera cómoda y didáctica los datos obtenidos.

INDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. Contaminación ambiental.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	4
1.2.1. Contaminación acústica.....	4
1.2.5. El ruido ambiental.....	7
1.2.6. Efectos del ruido ambiental.....	7
CAPÍTULO II.....	9
ANÁLISIS DEL RUIDO.....	9
2.1. RUIDO.....	9
2.2.1. Clasificación del ruido.....	9
2.1.2. Componentes del ruido.....	11
2.1.3. Como medir el ruido.....	14
2.2. NORMAS EN LA CIUDAD DE QUITO REFERENTES A LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	17
2.3. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS.....	23
2.3.1. Descripción de los equipos.....	23
2.3.2. Factores de medición.....	30
2.3.3. Forma de tomar mediciones.....	33
2.3.4. Horarios de medición.....	37
CAPÍTULO III.....	41
MEDICIÓN DE RUIDO EN LAS ZONAS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	41
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS SELECCIONADAS.....	41
3.2. TOMA DE MEDICIONES.....	53
3.2.1. Procedimiento.....	53
3.2.1. Equipo.....	55
3.3. PRESENTACIÓN Y TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	55
3.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS NORMAS EXISTENTES.....	71
CAPÍTULO IV.....	83
IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA ACUSTICO VEHICULAR Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
4.1. ELABORACIÓN DEL MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DE LA CIUDAD DE QUITO.....	83
4.1.1. Mapas de ruido.....	83
4.1.2. Software para la implementación.....	84
4.1.3. Elaboración del mapa.....	86
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN EL MAPA ELABORADO.....	95
4.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	105
4.4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA DISMINUCIÓN DE RUIDO ACÚSTICO.....	108

CAPÍTULO V	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1. <i>CONCLUSIONES</i>	111
5.2. <i>RECOMENDACIONES</i>	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En nuestros días, el ruido ambiental aparece como uno de los primeros, si no el primero, de los factores degradadores del medio ambiente en las encuestas sobre calidad de vida en las grandes ciudades, siendo a veces, incluso, incorporado en los programas electorales a nivel municipal. Desafortunadamente con posterioridad raramente encuentra un lugar prioritario en las políticas ambientales, lo que conlleva una enorme multiplicidad de problemas

1.1.1. Contaminación ambiental

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades.

El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta.

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza.

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) que conforman las actividades de la vida diaria.

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos). Como fuente de emisión se entiende el origen físico o geográfico donde se produce una liberación contaminante al ambiente, ya sea al aire, al agua o al suelo.

El ruido ambiental causado por el tráfico, por las actividades industriales y las derivadas del ocio, constituye uno de los principales problemas medioambientales, aunque por regla general, las acciones destinadas a reducirlo han estado menos prioritarias que las destinadas a otros tipos de contaminación como las del agua o las del aire. Solo la contaminación acústica que crece de forma substancial en nuestro medio aun no ha recibido el interés adecuado para reducirlo.

El origen del ruido lo encontramos en las actividades humanas y está asociado especialmente a los procesos de urbanización y al desarrollo del transporte y de la industria. Si bien es un problema fundamentalmente urbano, en algunas áreas geográficas puede afectar también al medio rural.

La importancia de desarrollar este proyecto es la vinculación de la Universidad con la comunidad, es decir, con el presente, se logrará no solo la simple aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera, sino que se relacionarán los mismos con un problema de la ciudad de Quito, contribuyendo

con esto al mejoramiento de la calidad de vida de la población mediante el estudio de los resultados obtenidos del desarrollo del presente.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Contaminación acústica

La contaminación acústica es el conjunto de sonidos y ruidos que circulan a nivel aéreo por las calles de una población. Como generalmente las ciudades poseen gran cantidad de elementos generadores de ruido, como es el tránsito e industrias, se produce en conjunto un alto nivel sonoro que puede llegar a perjudicar la integridad física y psíquica del habitante urbano.

La contaminación acústica producida por la actividad humana ha aumentado de forma espectacular en los últimos años. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (O.C.D.E.), 130.000.000 de habitantes de sus países miembros, se encuentran con nivel sonoro superior a 65 decibelios (dB), límite aceptado por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y otros 300.000.000 residen en zonas de incomodidad acústica entre 55-65 dB¹.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas.

¹ Estudio de Contaminación Ambiental, Barcelona 2005

Este término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que esta se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas.

Las principales causas de la contaminación acústica son aquellas relacionadas con las actividades humanas como el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, las industrias, entre otras.

Además de estas fuentes de ruido, en nuestras ciudades aparece una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades industriales, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar lo que se conoce como contaminación acústica urbana.

Otras fuentes de ruido y contaminación acústica en los sectores urbanos son también los cables eléctricos, debido a que existen fluctuaciones del nivel de ruido de una línea de alta tensión principalmente ligadas a las condiciones meteorológicas.

Estas fluctuaciones alcanzan 30 dB, los niveles máximos tienen lugar para tiempo húmedo los mínimos para tiempo seco y frío.

Las asperezas que existen siempre en la superficie de los cables tales como rasguños, depósito de polución industrial o vegetal, a veces pequeños insectos, son el lugar de pequeñas descargas localizadas y constituyen también fuentes de ruido.

Las principales fuentes de contaminación acústica en la sociedad actual provienen de los vehículos de motor, que se calculan en casi un 80%; el 10% corresponde a las industrias; el 6% a ferrocarriles y el 4% a bares, locales públicos, pubs, talleres industriales, etcétera². Desde hace pocos años el fenómeno conocido como "movida" juvenil provoca, en diversas zonas de las grandes ciudades, graves problemas entre los habitantes de esos espacios residenciales, que han de soportar contaminación acústica procedente de vehículos, aparatos de música y las emisiones sonoras de los participantes en la "movida".

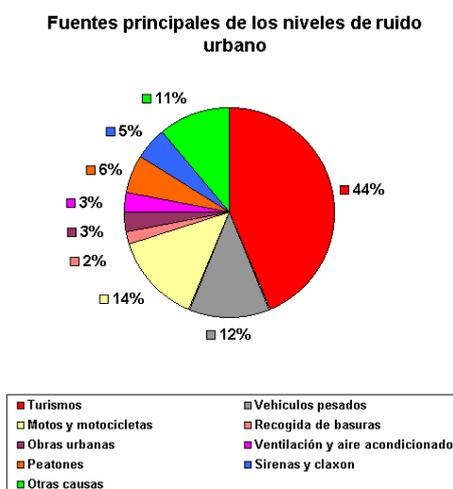


Figura. 1.1. Fuentes principales de los niveles de ruido urbano genérico³

Se ha dicho por organismos internacionales, que se corre el riesgo de una disminución importante en la capacidad auditiva, así como la posibilidad de trastornos que van desde lo psicológico (paranoia, perversión) hasta lo fisiológico por la excesiva exposición a la contaminación sónica.

² Revista "Consumer", Abril 1999

³ Estudio de Contaminación Ambiental, Barcelona 2005

Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB, como el límite superior deseable.

1.2.5. El ruido ambiental

El ruido es un sonido o conjunto de sonidos mezclados y desordenados. Si vemos las ondas de un ruido observaremos que no poseen una longitud de onda, frecuencia, ni amplitud constantes y que se distribuyen aleatoriamente unas sobre otras.

El incremento de los niveles de ruido ha crecido de forma desproporcionada en las últimas décadas y sólo en España se calcula que al menos 9 millones de personas soportan niveles medios de 65 decibelios (dB), siendo el segundo país, detrás de Japón, con mayor índice de población expuesta a altos niveles de contaminación acústica.

1.2.6. Efectos del ruido ambiental

Según estudios recientes, el exceso de ruido puede causar traumas psicológicos, económicos, sociales y fisiológicos.

En el 2006, un monitoreo realizado en el Distrito Metropolitano de Quito reveló que existen zonas –como la del aeropuerto– en donde el ruido alcanza los 92.5 dB. Además, es importante tomar en cuenta las vibraciones producto de la contaminación acústica, las mismas que pueden terminar afectando al cerebro.⁴

⁴ Suárez E., Lunar V., Maldonado I., Asunción V. (25 de diciembre del 2008).

A más de esta afección, el ruido exagerado y prolongado (por semanas, meses, años) puede causar:

- Alteraciones en la coordinación del sistema nervioso central.
- Alteraciones en el proceso digestivo.
- Aumento de la tensión muscular y presión arterial.
- Dificultades para conciliar el sueño.
- Irritabilidad momentánea.
- Bajo rendimiento de la memoria.
- Desórdenes de atención.

El ruido es un factor de riesgo para la salud de los niños y repercute negativamente en el aprendizaje; afecta directamente su concentración y atención, pues altera la capacidad de escuchar y retrasa el aprendizaje de la lectura. Dificulta la comunicación verbal, favoreciendo el aislamiento, la poca sociabilidad y, además, aumenta el riesgo de sufrir estrés.

Otros factores en los que incide el ruido son el social y el económico. Junto con las ciudades, se están abandonando estilos de vida y de convivencia que han durado milenios, sin que existan por el momento alternativas económica y psicológicamente aceptables.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL RUIDO

2.1. RUIDO

2.2.1. Clasificación del ruido

No existe una definición inequívoca de ruido. De forma amplia, podemos definir como ruido cualquier sonido no deseado que puede interferir la recepción de un sonido.

Así, el ruido acústico es aquel ruido (entendido como sonido molesto) producido por la mezcla de ondas sonoras de distintas frecuencias y distintas amplitudes. La mezcla se produce a diferentes niveles ya que se conjugan tanto las frecuencias fundamentales como los armónicos que las acompañan. La representación gráfica de este ruido es la de una onda sin forma (la sinusoide ha desaparecido).

Se pueden hacer dos clasificaciones diferentes de ruido acústico, las mismas se podrían hacer con cualquier otro ruido:

- En función de la potencia del ruido
- En función de la frecuencia de trabajo

2.2.1.1. Según la potencia y el periodo. El ruido se clasifica en:

Ruido continuo o constante.- El ruido continuo o constante es aquel ruido cuya intensidad permanece constante o presenta pequeñas fluctuaciones (menores a 5 dB) a lo largo del tiempo. Una cosa bastante importante es que el ruido es homogéneo y superficial.

Ruido fluctuante.- El ruido fluctuante es aquel ruido cuya intensidad fluctúa (varia) a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones pueden ser periódicas (ruido de línea AC) o aleatorias.

Ruido impulsivo.- El ruido impulsivo es aquel ruido cuya intensidad aumenta bruscamente durante un impulso. La duración de este impulso es breve, en comparación con el tiempo que transcurre entre un impulso y otro. Suele ser bastante más molesto que el ruido continuo.

2.1.1.2. Según la frecuencia: El ruido se clasifica en:

Ruido Blanco.- El ruido blanco, denominado así por asociación con la luz blanca, se caracteriza por su distribución del tipo Gaussiana [1] en todo el espectro de frecuencia. Es decir, es un ruido cuya respuesta en frecuencia es plana, lo que significa que su intensidad (potencia de sonido) es constante para todas las frecuencias. Fonéticamente: /Shshshshsh/ “*unvoice*” (como suenan las interferencias televisivas)

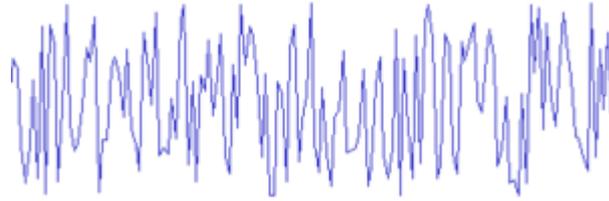


Figura. 2.1. Ejemplo de forma de onda de ruido blanco

Ruido rosa o rosado.- El ruido rosa que emiten los generadores de ruido se utiliza con filtros de 1/3 de banda de octava para medir la acústica de salas. Se elige 1/3 de octava para el filtro porque es a partir de ahí cuando el oído es capaz de detectar irregularidades en la respuesta en frecuencia).

La respuesta en frecuencia del ruido rosa no es plana, su intensidad decae 3 decibelios por octava. Fonéticamente: /Fsfsfsfsfs/ (como suenan las interferencias radiofónicas)

Ruido marrón.- No es un ruido muy común pero existente en la naturaleza. El ruido marrón compuesto principalmente por ondas graves y medias. Fonéticamente: /Jfjffjffjffjffj/ (como cuando se fríe un huevo)

2.1.2. Componentes del ruido

El ruido está compuesto por variaciones de amplitud o de frecuencia que se producen de forma más o menos aleatorias, y que se solapan con la onda principal (que es la que nosotros queremos que se escuche nítidamente). No obstante, la mayoría de los “ruidos” tienen un patrón de frecuencias más o menos bien definido en la escala auditiva.

El sonido humanamente audible es captado por el oído que transforma energía acústica en mecánica y, más tarde, en eléctrica. El oído externo (oreja y canal auditivo), recoge el sonido y lo prepara. El oído medio (tímpano, martillo, yunque y estribo), transforma energía acústica en mecánica y el oído interno (cóclea, membrana basilar y nervio auditivo), transforma energía mecánica en eléctrica.

El ruido, al estar formado por un conjunto de sonidos, viene definido por las mismas magnitudes físicas que identifican a este.

Las magnitudes que caracterizan un sonido puro son:

- La amplitud del sonido, que está definida por la presión acústica, la intensidad acústica o la potencia acústica.
- La frecuencia del sonido y el período.

De estas magnitudes indicadas para definir la magnitud del sonido, la presión acústica es la más utilizada, esta se define como la diferencia de presión existente en un momento determinado y la presión en condiciones normales, se expresa en N/m^2 o Pascales (Pa).

$$1Pa = 1N/m^2$$

La frecuencia del sonido se define como el número de veces que un sonido adquiere el mismo valor en la unidad de tiempo, se expresa en Hertzios (Hz).

La inversa de la frecuencia es el período, y se identifica con T y es medido en segundos (s).

Finalmente, como unidad de medida del nivel de presión acústica, se define el decibelio (dB). Esta es una unidad adimensional que expresa una relación entre dos energías.

2.1.2.1. Factores que hacen molestos los ruidos. Entre estos podemos mencionar:

- Su duración.
- Su Intensidad.
- *Su pureza:* los sonidos más puros son nocivos.
- *Su tono:* los sonidos de frecuencia más elevadas son más perjudiciales que los de frecuencia medias.
- *Su sorpresa y discontinuidad:* el oído no está preparado por la atención o conocimiento previo, y si es muy discontinuo exigen de los músculos un fatigoso esfuerzo de acomodación y relajamiento.

Longitud de onda (λ), frecuencia (f) o inversa del período (T), amplitud que indica la cantidad de energía que contiene una señal y no hay que confundir amplitud con volumen o potencia acústica. Y finalmente cuando se considera la

superposición de diferentes ondas es importante la fase que representa el retardo relativo en la posición de una onda con respecto a otra.

Sin embargo, un sonido complejo cualquiera no está caracterizado por los parámetros anteriores, ya que en general un sonido cualquiera es una combinación de ondas sonoras que difieren en los cinco parámetros anteriores.

La caracterización de un sonido arbitrariamente complejo implica analizar tanto la energía transmitida como la distribución de dicha energía entre las diversas ondas componentes, para ello resulta útil investigar:

- *Potencia acústica*: El nivel de potencia acústica es la cantidad de energía radiada en forma de ondas por unidad de tiempo por una fuente determinada. La potencia acústica depende de la amplitud.
- *Espectro de frecuencias*: que permite conocer en qué frecuencias se transmite la mayor parte de la energía.

2.1.3. Como medir el ruido

2.1.3.1. Procedimientos. Antes de comenzar cualquier programa de medida acústica debe quedar definido el problema con claridad. Una vez definido éste, los pasos a seguir son los siguientes:

- Determinar qué índices de ruido hay que medir [2].

- Seleccionar los instrumentos de medida, incluido el tipo de micrófono a utilizar.
- Determinar el número mínimo de posiciones del micrófono y su localización.
- Comprobar la sensibilidad de los aparatos de medida realizando todas las calibraciones necesarias.
- Medir los niveles sonoros de la fuente, anotando todos los valores de los parámetros relevantes seleccionados de los instrumentos.
- Aplicar las correcciones necesarias a las medidas observadas.

Para la medición de ruidos ambientales el número de puntos de medida debe ser suficiente para obtener el nivel de presión sonora con la precisión requerida. Si el campo sonoro es muy uniforme, unas pocas localizaciones del micrófono son suficientes [3].

El tiempo de medición requerido depende de la circulación [4]. Para calles poco circuladas puede ser necesario efectuar mediciones de media hora o más antes de que el nivel equivalente se estabilice con un error máximo aceptablemente bajo (por ejemplo ± 1 dB). En calles de gran circulación pueden ser suficientes 5 minutos. En calles urbanas típicas en general se requiere medir 15 minutos en cada punto. El parámetro a medir suele ser el nivel equivalente con ponderación A [5].

2.1.3.2. Aparatos para la medición del ruido. Aunque cada equipo de medida del sonido es distinto, básicamente todos ellos consisten en un transductor (normalmente un micrófono), una sección de análisis compuesta de varios circuitos para acondicionar la señal eléctrica, ponderarla e integrarla si es necesario y una unidad de visualización que puede ser de lectura digital, de pantalla, impresora o de cualquier otro sistema almacenamiento de datos.

- *Sonómetro.*- Es un instrumento que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano. Es una herramienta imprescindible para medir la presión sonora. Un sonómetro-integrador es capaz de promediar linealmente la presión sonora cuadrática [6].

- *Analizador de frecuencias.*- Determina el contenido energético de un sonido en función de la frecuencia. La señal que aporta el micrófono se procesa mediante filtros que actúan a frecuencias predeterminadas, valorando el contenido energético del sonido en ese intervalo.

Muchos sonidos complejos están formados por un gran número de componentes de ruido, distribuidos continuamente en el espectro de frecuencias. En ocasiones interesa emplear el nivel de presión sonora en una banda de 1 Hz de ancho, SL_p . Este valor se puede calcular a partir de un nivel de presión acústica en banda BL_p medido en un ancho de banda comprendido entre dos frecuencias f_1 y f_2 :

$$SL_p = BL_p - 10 \cdot \log \left(\frac{f_2}{f_1} \right)$$

- *Dosímetro.*- Es un pequeño sonómetro integrador que permite calcular la dosis de ruido a la que está sometida una persona. Lleva incorporado un sistema lector en el que se expresa la dosis acumulada en el tiempo que ha estado funcionando. Los más modernos nos dan directamente el nivel de presión sonora equivalente de cualquier ruido y el nivel sonoro continuo equivalente diario. Por su tamaño son portátiles, lo cual permite medir todo tipo de ruidos tanto en puestos de trabajo fijos

como móviles. Un dosímetro tiene que incorporar la ponderación exponencial de tiempo, habitualmente la lenta, y el umbral de ruido especificado por el fabricante [6].

- *Calibrador Acústico.*- Instrumento que sirve para asegurar la fiabilidad de los sonómetros. Su misión es generar un tono estable de nivel a una frecuencia predeterminada y se ajusta la lectura del sonómetro haciéndola coincidir con el nivel patrón generado por el calibrador. En general, disponen de un selector que permite generar uno o más tonos a una frecuencia de 1 kHz.

2.2. NORMAS EN LA CIUDAD DE QUITO REFERENTES A LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

Ecuador no ha tenido normativa específica relativa a la contaminación sonora. Sin embargo, en 1974 se dictó el decreto 487 que encomienda al Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias las funciones atinentes al saneamiento ambiental, planificación, investigación y control de la contaminación del aire, agua, suelo y estudios de ecología en general. También., se crea el Consejo Nacional de Desarrollo y Normas Ecológicas del Plan quinquenal (1980/ 1984).

En el Distrito Metropolitano de Quito mediante la Resolución 0002-DMA-2008 de la DIRECCION METROPOLITANA AMBIENTAL ha especificado la NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE RUIDO CAUSADO POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES que tiene como objetivo determinar los métodos y procedimientos para la determinación de los niveles de ruido, niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas, y los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.

Esta norma básicamente contiene lo siguiente:

- Para establecer zonas de restricción se tendrá en cuenta las mediciones de ruido urbano, exposición de la población y estudios específicos que se efectuaren en el lugar de estudio, y en atención a petición de parte.
- Las zonas de restricción temporal o permanente se delimitarán definiendo su extensión y las medidas determinadas para conseguir reducir los niveles sonoros ambientales.
- En la aprobación de Estudios de Impacto Ambiental o Declaratorias Ambientales se tomará en cuenta medidas técnicas de control de ruido en actividades que involucren la presencia de emisores acústicos, particularmente en zonas de restricción. Además los responsables de emisores acústicos demostrarán la eficacia de las medidas técnicas destinadas a evitar perturbaciones sonoras.
- Se podrá dejar temporalmente en suspenso el cumplimiento de los niveles permisibles de ruido en el ambiente en el caso de la organización de actos oficiales, de proyección cultural, religiosa o actividades cuyo objetivo sea de ayuda social, previa aprobación de la Dirección Metropolitana Ambiental, en cuyo análisis tomará en cuenta la incidencia del evento particularmente en zonas de restricción.

- En el caso de emisores acústicos de uso emergente no requieren presentación de informes de monitoreo de ruido. No obstante deberán contar con evidencias que demuestren la eficacia de las medidas de insonorización y registros de mantenimiento periódicos.

El nivel de ruido máximo permisible en fuentes fijas no podrá transgredir los horarios ni exceder los niveles máximos expresados en dB(A), que se fijan en la Tabla 2.1.

Los siguientes valores podrán ser actualizados en base a estudios técnicos.

Tipo de Zona Según el uso del suelo	Nivel de Presión Sonora Equivalente NPSeq [dB(A)]	
	De 6:00 a 20:00	De 20:00 a 6:00
Zona Equipamientos y Protección	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5	70	60

Tabla. 2.1. Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas⁵

⁵ Norma técnica ISO 1996/2 para el control de ruido causado por fuentes fijas.

Donde:

- Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico.
- Zona residencial múltiple corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.
- Zona industrial 2 corresponde a industria de tipología de mediano impacto ambiental.
- Zona 3, 4, 5 se refiere a industria de tipología de alto impacto, peligrosa y mixta.

El nivel de ruido máximo permisible ocasionado por motociclistas, automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares, está expresado en dB(A), y no podrá exceder los valores que se fijan en la Tabla 2.2.

Categoría de Vehículos	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 4000 a 5000	90
Vehículos livianos	Automotores de cuatro ruedas con un peso neto vehicular inferior a 3500 Kilos	De 2500 a 3500	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 3500 Kilos	De 1500 a 2500	90
Buses, busetas	Automotores pesados destinados al transporte de personas, con un peso neto vehicular superior o igual a 3500 Kilos	De 1500 a 2500	90

Tabla 2.2. Niveles permitidos de ruido para automotores⁶

Donde:

- NPS es el nivel de presión sonora.

La medición del nivel de ruido de una fuente fija se realizará en el exterior del límite físico, lindero o línea de fábrica del predio o pared perimetral. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física.

⁶ Fuente Ordenanza Metropolitana 146, Capítulo II.

En base a un sondeo de niveles de ruido en la periferia de la fuente fija, se definirán los puntos críticos (niveles más altos de presión sonora) considerando particularmente la cercanía a los emisores acústicos.

El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido [7]. El sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono.

Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

La determinación del nivel de presión sonora equivalente NPSeq [7] puede ser provista directamente por un sonómetro integrador-promediador.

En el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, se utilizará un procedimiento ya establecido [7]. El nivel de presión sonora continua equivalente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{P_o^2} dt \right)$$

Donde:

- **NPSeq** Nivel de presión sonora equivalente
- **p** Presión instantánea
- **Po** Presión de referencia
- **T** Tiempo de medición

2.3 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

2.3.1. Descripción de los equipos

2.3.1.1. Sonómetro. El aparato que se ha elegido para realizar las mediciones es el sonómetro.

Este aparato nos permite medir objetivamente el nivel de presión sonora. Los resultados los expresa en decibeles (dB).

En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que hay en determinado lugar y en un momento dado.

El sonómetro no mide el sonido. No se ha podido diseñar un instrumento que mida de forma eficaz el sonido tal y como es percibido por el oído humano. Por lo

que este instrumento de medida sirve exclusivamente para medir niveles de presión sonora (de los que depende la amplitud y por tanto, la intensidad acústica y su percepción, sonoridad).

Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica (ruido molesto de un determinado paisaje sonoro) hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental (continuo, impulsivo, etc.) se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes.

En los sonómetros la medición puede ser manual, o bien, estar programada de antemano. En cuanto al tiempo entre las tomas de nivel cuando el sonómetro está programado, depende del propio modelo. Algunos sonómetros permiten un almacenamiento automático que va desde un segundo, o menos, hasta las 24 horas. Además, hay sonómetros que permiten programar el inicio y el final de las mediciones con antelación.

2.3.1.2. Tipos de sonómetros. Hay dos tipos principales de instrumentos disponibles para medir niveles de ruido, con muchas variaciones entre ellos.

2.3.1.2.1. Sonómetros generales. Muestran el nivel de presión sonora instantáneo en decibelios (dB), lo que normalmente se conoce como nivel de sonido. Estos instrumentos son útiles para testear el ambiente sonoro, y poder ahorrar tiempo reservando los sonómetros de gamas superiores para las medidas que necesiten mayor precisión o precisen de la elaboración de informes.

2.3.1.2.1. Sonómetros integradores-promediadores. Estos sonómetros tienen la capacidad de poder calcular el nivel continuo equivalente L_{eq} .

Incorporan funciones para la transmisión de datos al ordenador, cálculo de percentiles, y algunos análisis en frecuencia.

A su vez los sonómetros pueden dividirse en tres tipos o clases según su precisión: Sonómetros tipo 0, tipo 1 y tipo 2.

En los llamados sonómetros integradores, se puede seleccionar la curva de ponderación que va a ser usada:

Curva A (dBA): Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma.

Curva B (dBB): Su función era medir la respuesta del oído ante intensidades para intensidades medias. Como no tiene demasiadas aplicaciones prácticas es una de las menos utilizadas. Muchos sonómetros no la contemplan.

Curva C (dBC): Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. Es tanto, o más empleada que la curva A a la hora de medir los niveles de contaminación acústica. También se utiliza para medir los sonidos más graves.

Curva D (dBD): Se utiliza, casi exclusivamente, para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones.

Curva U(dBU): Es la curva de más reciente creación y se utiliza para medir ultrasonidos, no audibles por los seres humanos.

2.3.1.2. Normas. La norma CEI 60651 y la norma CEI 60804, emitidas por el CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), establecen las normas que han de seguir los fabricantes de sonómetros.

Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado. La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (*International Electrotechnical Commission*), por lo que las normas aducidas también se conocen con esta nomenclatura: IEC 60651 (1979) y la IEC 60804 (1985).

Además, en todos los países, normas nacionales e internacionales clasifican los sonómetros en función de su grado de precisión. Se establecen 4 tipos en función de su grado de precisión. De más a menos:

- *Sonómetro de clase 0:* se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- *Sonómetro de clase 1:* permite el trabajo de campo con precisión.
- *Sonómetro de clase 2:* permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- *Sonómetro de clase 3:* es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos.

La norma IEC 61.672 elimina las clases 0 y 3, restando exclusivamente las clases 1 y 2.

Generalmente el sonómetro, debe cumplir unas normas que se recogen en la Orden del Ministerio de Fomento de 16-XII-98 (BOE 29-XII-98).

- IEC 651 (UNE-EN 60651).
- IEC 804 (UNE-EN 60804).

Además existen Normas para Sonómetros según la Orden Ministerial de fecha 16 de diciembre de 1998 (BOE 311), en la que se regula el Control Metrológico por parte del Estado

- IEC 651/804 – Internacional
- IEC 61672- Nueva Norma: Sustituye a las IEC651/804
- ANSI S 1.4 – América

De la misma forma los calibradores se dividen en los mismos tipos dependiendo de su nivel de precisión y su capacidad de mantener un nivel estable, de forma que las medidas realizadas con el sonómetro no queden desvirtuadas por una calibración imprecisa.

Concretamente las normas que rigen estas clases o tipos de sonómetros, para los casos usuales de tipo 1 y 2 son las siguientes:

TIPO 2: IEC 651/804 Type 2, ANSI S 1.43 Type 2

TIPO 1: IEC 651/804 Type 1, ANSI S 1.43 Type 1

2.3.1.3. Estructura. El dispositivo básicamente y en general consta de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

- Un micrófono con una respuesta en frecuencia similar a la de las audiofrecuencias, generalmente, entre 8 Hz y 22 kHz.
- Un circuito que procesa electrónicamente la señal.
- Una unidad de lectura (vúmetro [referencia], led, pantalla digital, etc).

En la figura 2.2 se observa un diagrama en el cual se pueden visualizar cada uno de los bloques que intervienen en la construcción y funcionamiento de un sonómetro típico.

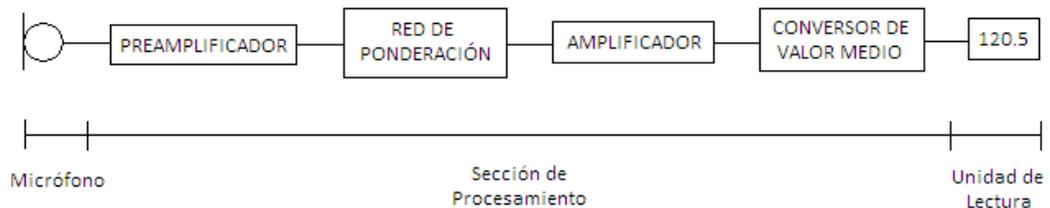


Figura. 2.2. Diagrama de bloques de la estructura de un sonómetro

Muchos sonómetros cuentan con una salida (un *jack*), que permite conectarlo con un osciloscopio, con lo que la medición de la presión sonora se complementa con la visualización de la forma de la onda.

Como cualquier otro instrumento, el sonómetro cuenta con una gran gama de accesorios (además de los que les posibilita su propia electrónica):

- Calibradores acústicos portátiles que sirven para ajustar los sonómetros se utilizan los calibradores acústicos, aparato que genera un sonido estable a una determinada frecuencia. Se sabe el nivel que debe producir el sonómetro tras la medición, por lo que para ajustar el sonómetro se hace la medición y, si todo está correcto, el nivel ofrecido por el sonómetro será el mismo que se tenía de antemano.

- Trípodes
- Pantallas antiviento
- Extensores
- Fuentes de alimentación
- Maletas de transporte
- Filtros que deben cumplir con la norma EN 61260/ IEC 1260 (1995)

Tomando en cuenta todo lo anteriormente expuesto el sonómetro escogido para realizar las mediciones de ruido es el sonómetro QUEST SOUND PRO SE/DL.

Para determinar el daño auditivo, el sonómetro seleccionado trabaja utilizando una escala de ponderación "A" que deja pasar sólo las frecuencias a las

que el oído humano es más sensible, respondiendo al sonido de forma parecida que lo hace éste.

La ponderación A fue recomendada por la EPA para describir el ruido medioambiental, debido a que se ajusta a la respuesta del oído humano, es exacta para muchos propósitos, y es utilizada ampliamente a través del mundo.⁷

2.3.2. Factores de medición

Para medir el ruido es necesario crear una escala que relacione la respuesta, de una persona o un colectivo, ante el ruido con una propiedad medible de la fuente sonora.

Esta relación se expresa mediante un único valor que llamamos índice. Si se establecen criterios que nos ofrecen valores del índice de ruido que no deben superarse, la comparación de estos criterios con los índices medidos nos permitirá hacer una evaluación del ruido estudiado.

2.3.2.1 Índices de ruido. Los niveles más representativos para el análisis del ruido son:

2.3.2.1.1. Niveles percentiles. Sirven para dar información acerca de cómo varía o fluctúa el nivel sonoro durante el período de medición.

⁷ EPA/ONAC 550/9-74-004, March, 1974.

El nivel percentil L_x representa el valor $L_p(A)$ que fue superado durante X porcentaje del tiempo de medición. Los percentiles más utilizados son el L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} y L_{99} .

Los percentiles son considerados más representativos que los valores máximos y mínimos absolutos y, particularmente L_{10} y L_{90} son dos de los más utilizados. Como se mencionó antes, a la diferencia entre estos dos ($L_{10} - L_{90}$) se le denomina Clima de Ruido.

- L_{10} : representa el nivel que sólo ha sido superado el 10% del tiempo de medida. Es indicativo de los valores altos del ruido.
- L_{90} : representa el nivel que ha superado el 90% del tiempo de medida. Es indicativo de los valores bajos de ruido.

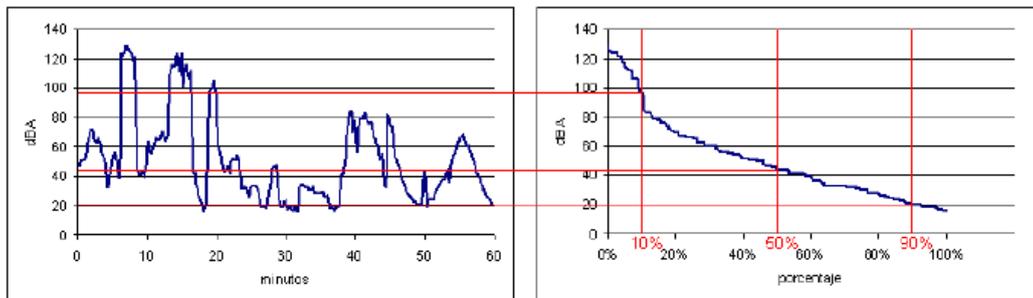


Figura. 2.3. Niveles de presión acústica medidos en una experiencia, niveles percentiles correspondientes a dicha medida

2.3.2.1.2. Nivel sonoro continuo equivalente. L_{eq} es el nivel, en dB(A) de un ruido constante, correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerando, en un punto determinado y durante un período de tiempo T . se basa en una ponderación de tiempo uniforme.

$$Leq = 10 \log_{10} \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_A^2(t) dt}{P_{ref}^2}$$

Donde:

$p_A(t)$ es la salida de la red de ponderación A, es decir, que corresponde a la presión $p(t)$ filtrada por la red A, P_{ref} es 20uPa que es el nivel de referencia para presión sonora en el aire. El tiempo T puede ser la duración de una jornada de trabajo, o bien una semana, en caso de que las tareas o actividades varíen de un día a otro.

2.3.2.1.3. Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS_{max} o L_{max}). Es el máximo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

$$NPS = 20 \cdot \log \left(P / P_o \right)$$

Donde:

P: valor eficaz de la presión sonora medida.

Po: valor eficaz de la presión sonora de referencia, fijado en 2×10^{-5} [N/m²]

2.3.2.1.4. Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS_{min} o L_{min}). Es el mínimo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

2.3.2.1.5. Nivel de Presión Sonora *Peak* (NPS_{peak}). Nivel de presión sonora instantánea máxima durante un intervalo de tiempo establecido. No debe confundirse con NPS_{max} , ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo dado.

2.3.3. Forma de tomar mediciones

Se realizarán mediciones de ruido en varios sectores de la ciudad de Quito donde se presume se localiza un mayor nivel de contaminación acústica.

Las zonas de estudio están caracterizadas por el alto flujo vehicular y franjas de uso residencial, industrial y comercial.

Para determinar estas zonas, se tomó como referencia la DEFINICION Y PLANIFICACION DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CONTAMINACION ACUSTICA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO elaborado por la CORPAIRE que:

Considerando que el ruido ambiental es un agente contaminante con un radio de acción reducido y muy focalizado, se intentó definir un área de influencia para las distintas mediciones que tenga relación con el grado de contaminación propuesto por la norma mencionada, en tramos de 5 dB.

Se consideró inicialmente ciertos aspectos de vialidad en las principales avenidas de la ciudad, como la intensidad del flujo vehicular, los posibles desvíos que existan en las avenidas, la semaforización, los tiempos de viaje, y la presencia de transporte público (líneas de buses urbanos).

Posteriormente diseñaron y efectuaron mediciones de ruido simultáneas, distanciadas entre sí: 1, 2 y hasta 3 cuadras (100, 200 y 300 metros aproximadamente), observando que mientras mayor es el nivel de ruido en el punto en análisis, su percepción es más notoria a una distancia más alejada; estas mediciones fueron desarrolladas como parte del curso Acústica Ambiental en el semestre octubre 2.007 – marzo 2.008 dictado en la carrera de Ingeniería de Sonido y Acústica en la Universidad de las Américas de Quito.

Con este estudio determinaron los siguientes sectores y sus niveles de ruido:

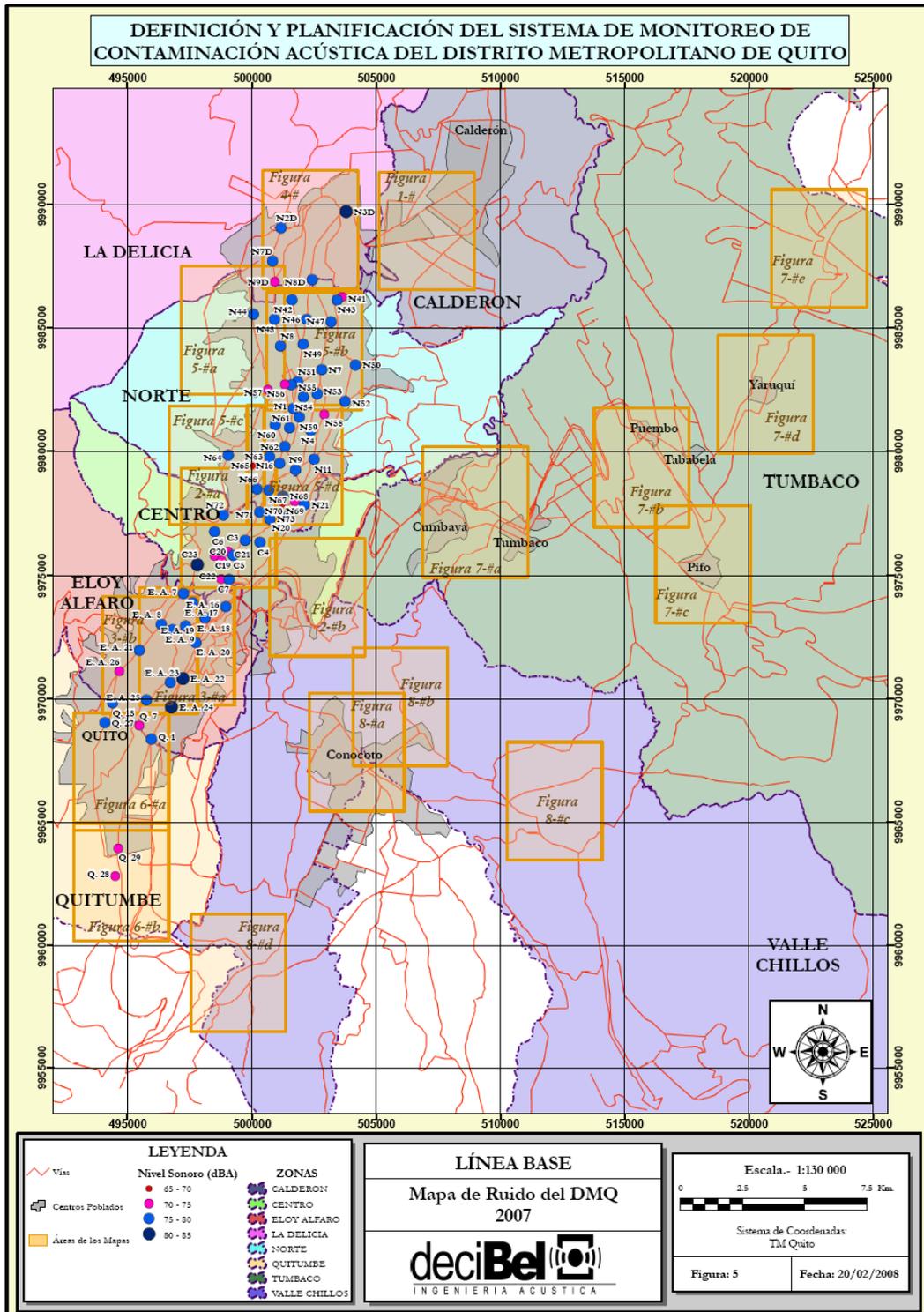


Figura. 2.4. Ubicación geográfica de los puntos definidos con mayor contaminación acústica.⁸

⁸ Definición y Planificación del sistema de monitoreo de la contaminación acústica del Distrito Metropolitano de Quito, CORPAIRE, estudio perteneciente al año 2007.

Una vez analizado este estudio se escogieron de este los sectores más representativos de la ciudad de Quito, estos son:

Centro Histórico de Quito

La Marín

Calles y Avenidas importantes de la ciudad: Av. De Los Shirys, Av. Naciones Unidas, Av. Colón, Av. 6 de Diciembre, Av. Amazonas, Av. 10 de Agosto.

La metodología de las mediciones de ruido que se van a utilizar son las que fueron desarrolladas en la campaña de mediciones de ruido del 2.007 llevadas a cabo por los alumnos de la carrera de Ingeniería de Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas de Quito.

Estas se rigieron de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ISO 1996/2 respetando los criterios de altura, y manteniendo una distancia aproximada de 1.5 a 2 metros de la calzada, y al menos 3 metros de una superficie reflectante distinta al piso, salvo casos en los que la infraestructura urbana no lo permitió.

El instrumento de medición será colocado entre los 1.2 y 1.5 metros de altura, utilizando en el micrófono del instrumento una pantalla antiviento para minimizar el efecto de los vientos suaves o brisas. No se realizarán mediciones en condiciones climáticas adversas como lluvia o vientos fuertes.

La duración de cada medición será de 10 minutos y se la realizarán en los períodos de mayor congestión vehicular.

La selección de las horas entre las que se realizarán las mediciones de ruido responde a información proporcionada por la Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, relacionada con las horas de mayor intensidad de flujo vehicular:

- Mañana: período comprendido entre las 7:00 y las 9:00
- Medio día: período comprendido entre las 12:00 y las 14:00
- Tarde: período comprendido entre las 17:00 y las 19:00.

2.3.4. Horarios de medición

Los horarios de medición se han dispuesto de acuerdo a la metodología de trabajo antes descrita, con intervalos de medición de 10 min para cada sector en el que se va a realizar la medición.

En la tabla 2.3 y 2.4, se muestran los horarios de medición de los sectores del sector norte que fueron medidos. En la tabla 2.5 se encuentran los horarios de los sectores del sector centro que fueron medidos.

		Semana del 17 de Agosto al 21 de Agosto																																						
		7:00 - 7:10	7:10 - 7:20	7:20 - 7:30	7:30 - 7:40	7:40 - 7:50	7:50 - 8:00	8:00 - 8:10	8:10 - 8:20	8:20 - 8:30	8:30 - 8:40	8:40 - 8:50	8:50 - 9:00	12:00 - 12:10	12:10 - 12:20	12:20 - 12:30	12:30 - 12:40	12:40 - 12:50	12:50 - 13:00	13:00 - 13:10	13:10 - 13:20	13:20 - 13:30	13:30 - 13:40	13:40 - 13:50	13:50 - 14:00	17:00 - 17:10	17:10 - 17:20	17:20 - 17:30	17:30 - 17:40	17:40 - 17:50	17:50 - 18:00	18:00 - 18:10	18:10 - 18:20	18:20 - 18:30	18:30 - 18:40	18:40 - 18:50	18:50 - 19:00			
6 de Dic																																								Lunes
y NNUU																																								Martes
Shyris																																								Miércoles
y NNUU																																								Jueves
Amazonas																																								Viernes
y NNUU																																								
6 de Dic																																								
y Colón																																								
Amazonas																																								
y Colón																																								
10 de Agosto																																								
y Colón																																								

Tabla. 2.3. Horario de medición de la semana del 17 al 21 de agosto del 2009

		Semana del 24 de Agosto al 28 de Agosto																																									
		7:00 - 7:10	7:10 - 7:20	7:20 - 7:30	7:30 - 7:40	7:40 - 7:50	7:50 - 8:00	8:00 - 8:10	8:10 - 8:20	8:20 - 8:30	8:30 - 8:40	8:40 - 8:50	8:50 - 9:00	12:00 - 12:10	12:10 - 12:20	12:20 - 12:30	12:30 - 12:40	12:40 - 12:50	12:50 - 13:00	13:00 - 13:10	13:10 - 13:20	13:20 - 13:30	13:30 - 13:40	13:40 - 13:50	13:50 - 14:00	17:00 - 17:10	17:10 - 17:20	17:20 - 17:30	17:30 - 17:40	17:40 - 17:50	17:50 - 18:00	18:00 - 18:10	18:10 - 18:20	18:20 - 18:30	18:30 - 18:40	18:40 - 18:50	18:50 - 19:00						
6 de Dic																																											
y NNUU																																											
Shyris																																											
y NNUU																																											
Amazonas																																											
y NNUU																																											
6 de Dic																																											
y Colón																																											
Amazonas																																											
y Colón																																											
10 de Agosto																																											
y Colón																																											



Tabla. 2.4. Horario de medición de la semana del 24 al 28 de agosto del 2009

		Semana del 7 de Septiembre al 11 de Septiembre																																									
		7:00 - 7:10	7:10 - 7:20	7:20 - 7:30	7:30 - 7:40	7:40 - 7:50	7:50 - 8:00	8:00 - 8:10	8:10 - 8:20	8:20 - 8:30	8:30 - 8:40	8:40 - 8:50	8:50 - 9:00	12:00 - 12:10	12:10 - 12:20	12:20 - 12:30	12:30 - 12:40	12:40 - 12:50	12:50 - 13:00	13:00 - 13:10	13:10 - 13:20	13:20 - 13:30	13:30 - 13:40	13:40 - 13:50	13:50 - 14:00	17:00 - 17:10	17:10 - 17:20	17:20 - 17:30	17:30 - 17:40	17:40 - 17:50	17:50 - 18:00	18:00 - 18:10	18:10 - 18:20	18:20 - 18:30	18:30 - 18:40	18:40 - 18:50	18:50 - 19:00						
Sector		Yellow					Blue	Blue			Orange	Red	Red	Yellow						Blue	Blue				Orange	Red	Red	Yellow					Blue	Blue					Orange	Red	Red		
Trébol			Yellow									Orange			Yellow										Orange			Yellow													Orange		
Sector		Orange	Orange	Red	Red	Yellow	Blue	Blue						Orange	Orange	Red	Red	Yellow		Blue	Blue				Orange	Orange	Red	Red	Yellow												Blue	Blue	
La Marín						Yellow												Yellow																									
Centro Histórico		Blue	Blue			Orange	Orange	Red	Red	Yellow	Blue	Blue						Orange	Orange	Red	Red	Yellow					Blue	Blue					Orange	Orange	Red	Red	Yellow				Blue	Blue	

Tabla. 2.5. Horario de medición de la semana del 7 al 11 de septiembre del 2009

CAPÍTULO III

MEDICIÓN DE RUIDO EN LAS ZONAS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS SELECCIONADAS

La zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicada aproximadamente entre los $0^{\circ} 4.5'$ y los $0^{\circ} 21.2'$ de latitud sur; y los $78^{\circ} 25.2'$ y $78^{\circ} 34.5'$ de longitud Oeste cubre una superficie de 12.000 km^2 , una población de 1'800.000 personas, se encuentra ubicada a una altura de 2.800 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura ambiental oscila entre los 10°C y 25°C .

La ciudad está dividida en tres zonas definidas caracterizadas por su geografía, arquitectura e importancia cultural en norte, centro y sur.

En el norte está ubicado el Quito moderno donde se observan grandes estructuras urbanas y comerciales. En el centro se encuentra la arquitectura colonial y artística. En el sur se encuentran muestras de expresión juvenil, que impulsan nuevas formas de cultura e interacción social.

La Red Integrada de Transporte Público de Quito está conformada por corredores alimentadores de gran capacidad en cada una de las zonas definidas anteriormente.

Los principales corredores son:

- Corredor Central (Trolebús)
- Corredor Nororiental (Ecovía)
- Corredor Central Norte

La Red Convencional de Transporte de Quito está conformada por 134 líneas de transporte público, operadas por aproximadamente 2600 buses urbanos; y 46 líneas interparroquiales operadas por 676 buses que brindan servicio a sectores localizados en la periferia de la ciudad y valles aledaños.

La red de transporte desafortunadamente es desarticulada e ineficiente. La calidad del servicio que brinda es bajo y el costo alto con lo que representa un impacto negativo al medio ambiente y a la vez una alta inseguridad no solo para sus usuarios sino también para el público en general.

La operación de los buses se establece con acuerdo mínimos de horarios de salida y rotación de las unidades en rutas, el horario de atención varía de 6h00 a 20h00 aunque no existe confiabilidad.

El Sistema Metropolitano de Transporte también está conformado por los servicios: escolares, taxi, carga liviana y turismo, como elementos necesarios y complementarios al Sistema.

Quito dispone de 8.778 taxis uniformizados y registrados, con una demanda promedio de 135.000 viajes por día⁹. La evolución de la demanda para el transporte privado varió entre 107.330 vehículos en 1.990 a 196.936 en 2.001, que representan más del 80% del parque automotor de la provincia de Pichincha¹⁰, y según el inventario de emisiones realizado por la CORPAIRE en el año 2005 se registró un total de 311.299 vehículos¹¹. Se ha proyectado para el 2.021 el crecimiento de la tasa de propiedad de vehículos privados se duplicará a 150 vehículos / 1.000 hab., que dará un aproximado de 495.000 vehículos. Esto significará un volumen de tráfico 4 veces superior al existente¹²

Con la información expuesta anteriormente y de la CORPAIRE en los estudios realizados por esta institución, las zonas que se han escogido para ser evaluadas son las que en el capítulo anterior se indicaron (Av. NNUU y Av. 6 de Diciembre, Av. NNUU y Av. De los Shyris, Av. NNUU y Av. Amazonas, Av. Cristóbal Colón y Av. 6 de Diciembre, Av. Cristóbal Colón y Av. Amazonas, Av. Cristóbal Colón y Av. 10 de Agosto, Centro Histórico, El trébol, La Marín) y que a continuación se muestran en forma real así como la ubicación exacta de cada uno dentro de la geografía de Quito:

⁹ Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad.

¹⁰ Jefatura Provincial de Tránsito de Pichincha.

¹¹ Inventario de Emisiones CORPAIRE

¹² Plan Maestro de Transporte para el Distrito Metropolitano de Quito.

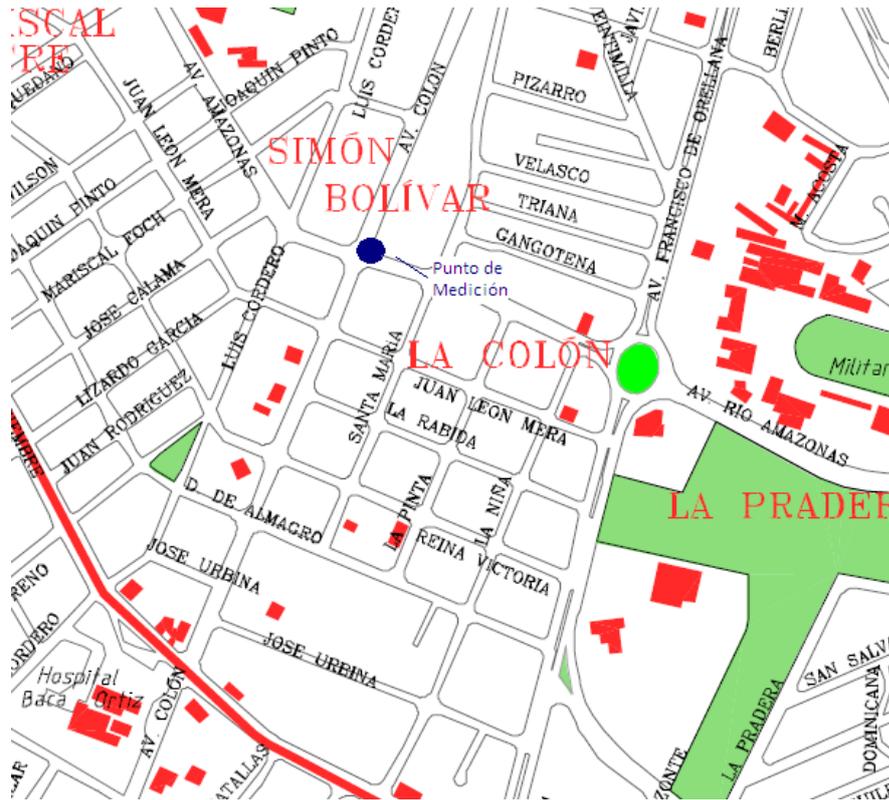


Figura. 3.1. Sector de medición Av. Colón y Av. Amazonas



Figura. 3.2. Imagen del sector Av. Colón y Av. Amazonas

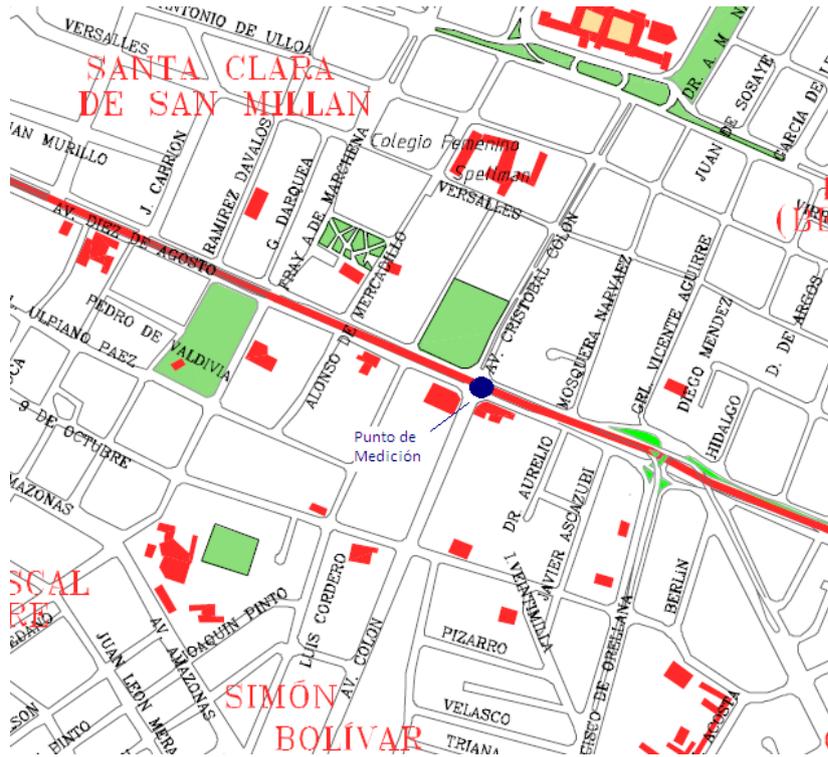


Figura. 3.3. Sector de medición Av. Colón y Av. 10 de Agosto

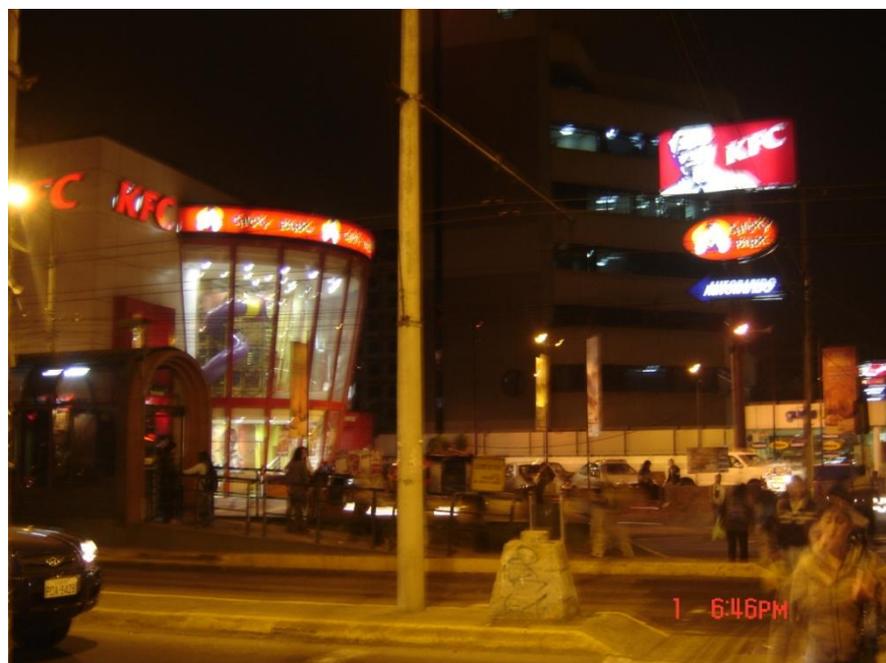


Figura. 3.4. Imagen del sector Av. Colón y Av. 10 de Agosto

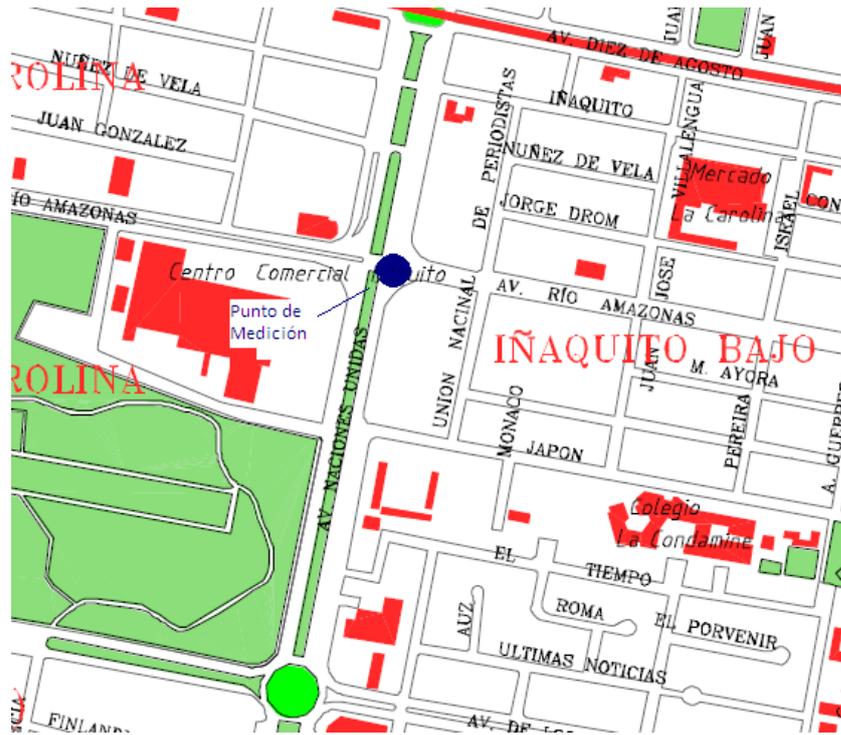


Figura. 3.7. Sector de medición Av. NNUU y Av. Amazonas



Figura. 3.8. Imagen del sector Av. NNUU y Av. Amazonas

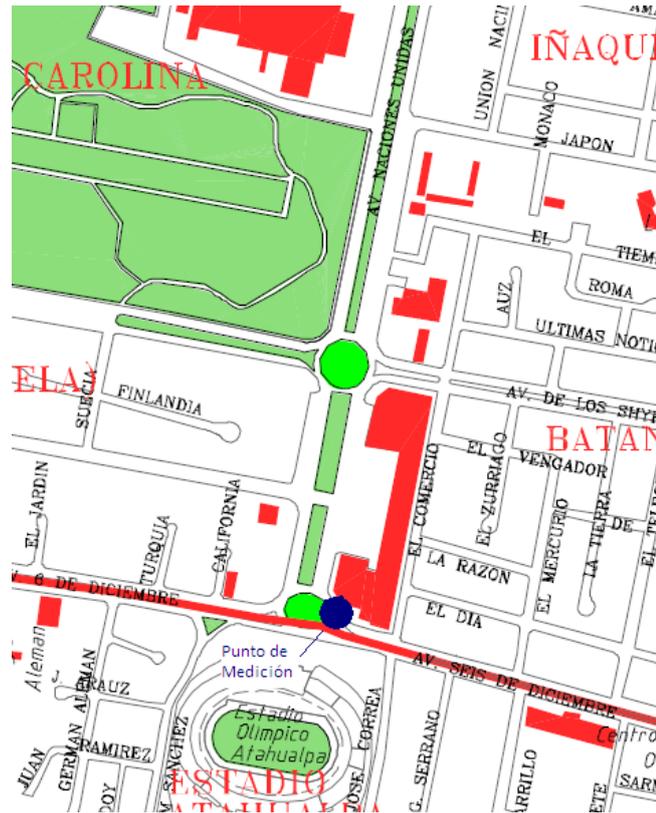


Figura. 3.9. Sector de medición Av. NNUU y Av. 6 de Diciembre



Figura. 3.10. Imagen del sector Av. NNUU y Av. 6 de Diciembre

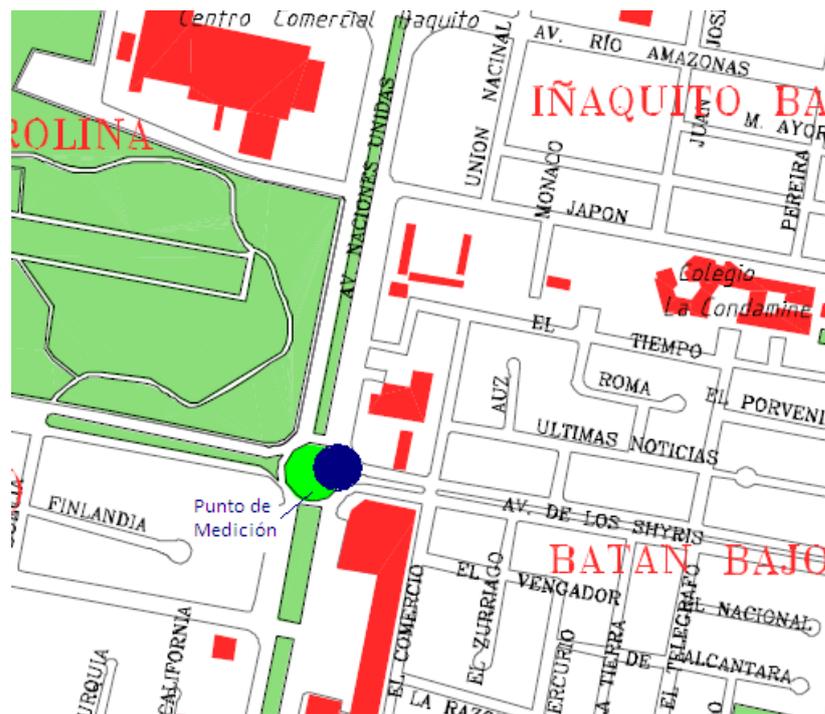


Figura. 3.11. Sector de medición Av. NNUU y Av. de los Shyris



Figura. 3.12. Imagen del sector Av. NNUU y Av. de los Shyris

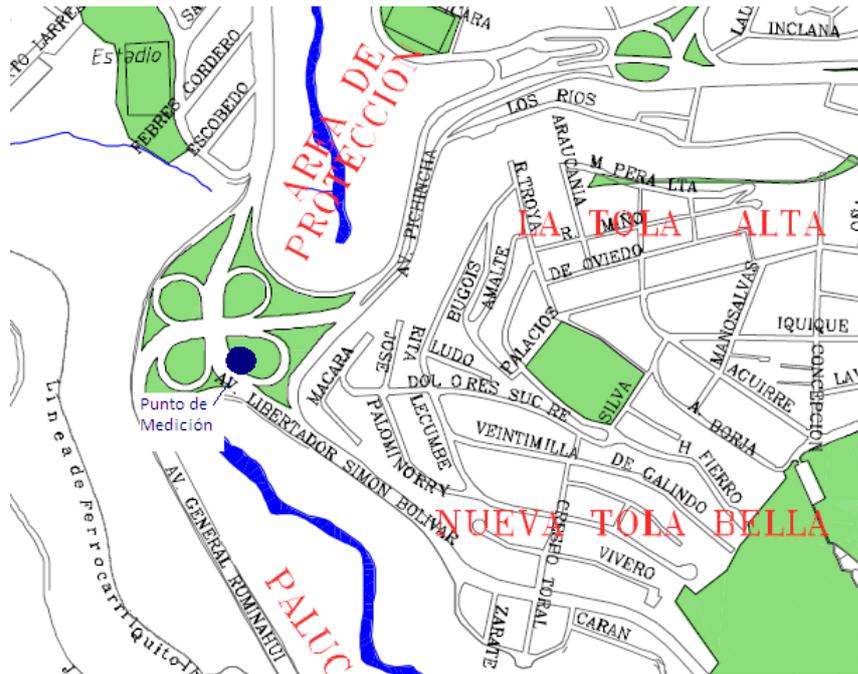


Figura. 3.13. Sector de medición El Trébol



Figura. 3.14. Imagen del sector El Trébol

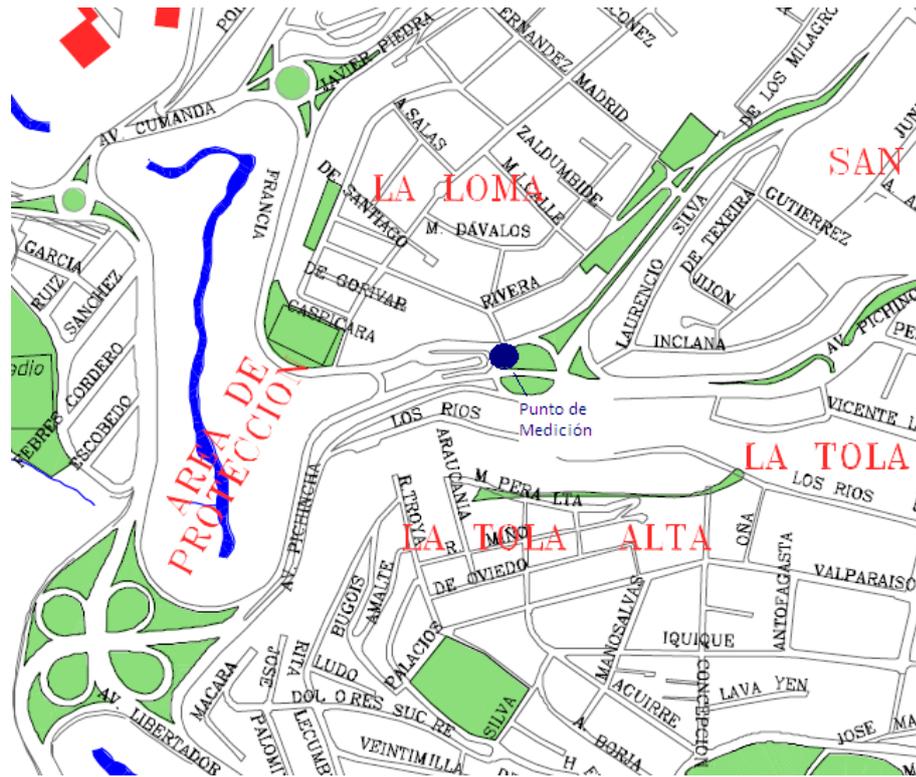


Figura. 3.15. Sector de medición La Marín (El Playón)



Figura. 3.16. Imagen del sector la Marín (El Playón)

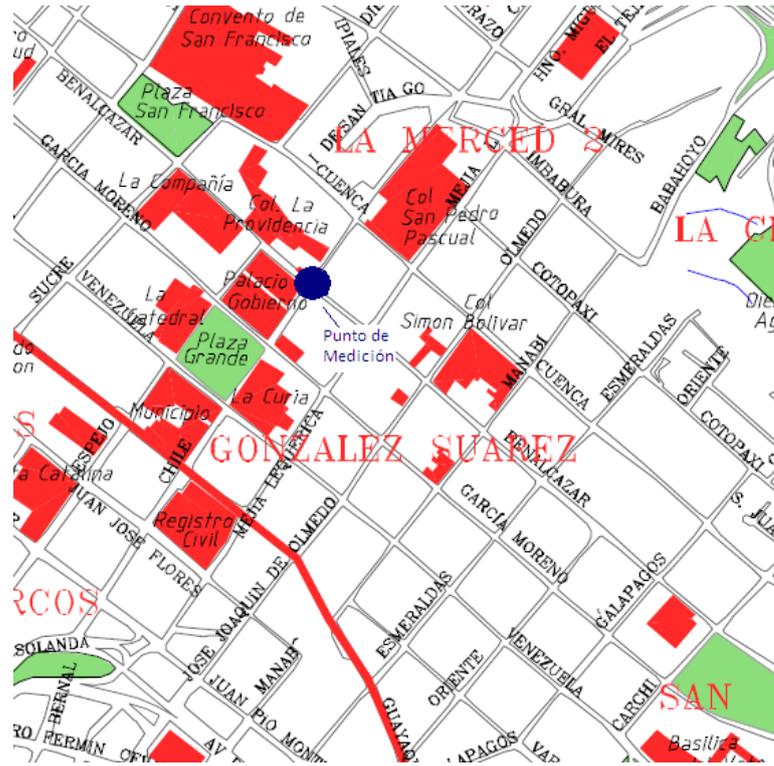


Figura. 3.17. Sector de medición Centro Histórico (Benalcázar y Chile)



Figura. 3.18. Imagen del sector Centro Histórico (Benalcázar y Chile)

3.2. TOMA DE MEDICIONES

3.2.1. Procedimiento

En el capítulo anterior se describió detalladamente la metodología con la que se va a trabajar en la toma de mediciones así como los horarios en los que los datos serán tomados.

Siguiendo los procedimientos y horarios descritos, se logró que el proceso se torne sencillo, organizado y fácil de manejar, obteniendo así al final de cada jornada los datos previstos y necesarios.

Cabe recalcar que según la norma ISO 1996/2 cuando existen condiciones adversas como lluvia y vientos fuertes, no es posible la toma de mediciones, por protección del equipo y protección de la persona que realiza las mismas.

Además de esto, las mediciones que se realizaron en los sectores:

- Av. Colón y Amazonas
- Av. Colón y 10 de Agosto
- Av. Colón y 6 de Diciembre
- Av. NNUU y Amazonas
- Av. NNUU y Shyris
- Av. NNUU y 6 de Diciembre

Fueron tomados en una época en la que los alumnos de primaria, secundaria y superior no empezaban el nuevo período académico 2009-2010, por lo que el parque automotor del Distrito Metropolitano de Quito en esta época disminuye considerablemente.

Los datos del resto de sectores considerados, es decir:

Sector la Marín (El Trébol)

Sector la Marín (El Playón)

Sector Centro Histórico (Benalcázar y Chile)

Fueron tomados cuando los alumnos de primaria, secundaria y superior empezaron el período escolar y el parque automotor del Distrito Metropolitano de Quito incrementó considerablemente, según la Policía Nacional de Tránsito, esto ocasiona un incremento del 35% de congestión vehicular¹³ por lo que se obtuvieron resultados con variaciones significativas comparados con los resultados obtenidos en los sectores anteriormente mencionados.

Cabe recalcar que a pesar de que las mediciones en estos sectores fueron tomadas en épocas distintas, los resultados seguirán siendo aleatorios e impredecibles sin importar el horario, el sector y la época en la que sean tomados.

¹³ Diario "El Comercio", sección "Quito", 5 de Septiembre del 2009

3.2.1. Equipo

Para que las mediciones que se han tomado sean las mas exactas posibles, los equipos utilizados han sido calibrados correctamente antes de realizar cualquier medición.

Así mismo han sido revisados cada uno de sus componentes, es decir, micrófono, pantalla protectora de micrófono, preamplificador, memoria extraíble, baterías, verificando que se encuentren en perfectas condiciones y funcionando todo en conjunto correctamente.

3.3. PRESENTACIÓN Y TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez tomados todos los datos siguiendo cuidadosamente los procedimientos anteriormente explicados, se obtuvieron los resultados requeridos para el cumplimiento del objetivo final del presente proyecto que es la elaboración de un mapa acústico en el cual se podrán observar las zonas y la información detallada de los resultados obtenidos.

Para poder hacer uso de los datos obtenidos se realizó una comunicación entre el equipo y un computador mediante una interfaz USB.

El sonómetro utilizado posee un software propio QUEST SUIT PROFESSIONAL II, el cuál brindó muchas facilidades en cuanto al tratamiento de los datos obtenidos. Mediante este software se logró descargar los datos a un computador mediante comunicación USB ya que el equipo funciona de manera similar a un disco extraíble.

Una vez descargados estos datos, se logró visualizar todos los datos obtenidos, desde fecha de la medición, hora, lugar, datos porcentuales, promedios realizados por el equipo mismo y que por seguridad y confidencialidad de los creadores del mismo no se explica la manera en que el equipo realiza estos estudios.

De todas maneras, los datos necesarios para el presente estudio se presentan sin ninguna restricción, logrando así cumplir con el objetivo planteado.

Es importante que se aclare que la cantidad de datos obtenidos en cada uno son demasiados, por lo que únicamente se mostrarán datos seleccionados al azar de cada uno de los sectores.

Los datos se mostrarán en pantallas las cuales han sido obtenidas del software del sonómetro QUEST SUIT PROFESSIONAL II utilizado y explicado anteriormente.

En la primera pantalla se podrán visualizar los datos generales de la medición, es decir, el lugar, la fecha, la hora de inicio, la hora de final, el modelo del equipo utilizado, etc.

En la segunda pantalla se observarán los valores de los parámetros principales que se han obtenido de la medición y que han sido descritos en el capítulo anterior (Lmax, Lmin, Lpk, Leq, L90, L10).

En la tercera pantalla se observará un gráfico lineal de dispersión, que contiene a los y tres principales parámetros de la medición de ruido en función del tiempo de la medición en intervalos de 1 minuto.

A continuación se mostrarán los datos que se han obtenido en cada uno de los sectores que han sido objeto de este estudio.

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 7:30 – 7:40.

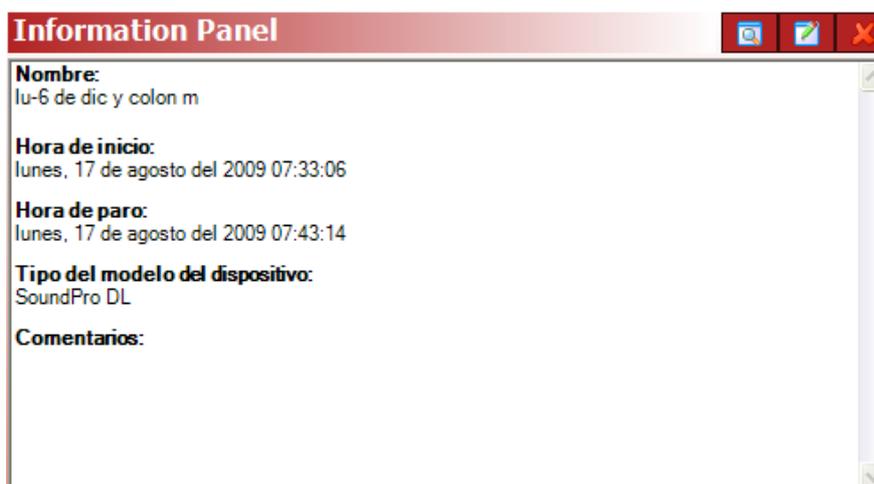


Figura. 3.19. Panel de información básica de la medición

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	75 dB
Lmax	1	105,1 dB
Lpk	1	113,5 dB
Leq	1	89,9 dB
L90	1	79,5 dB
L10	1	93,4 dB

Figura. 3.20. Panel general de datos obtenidos

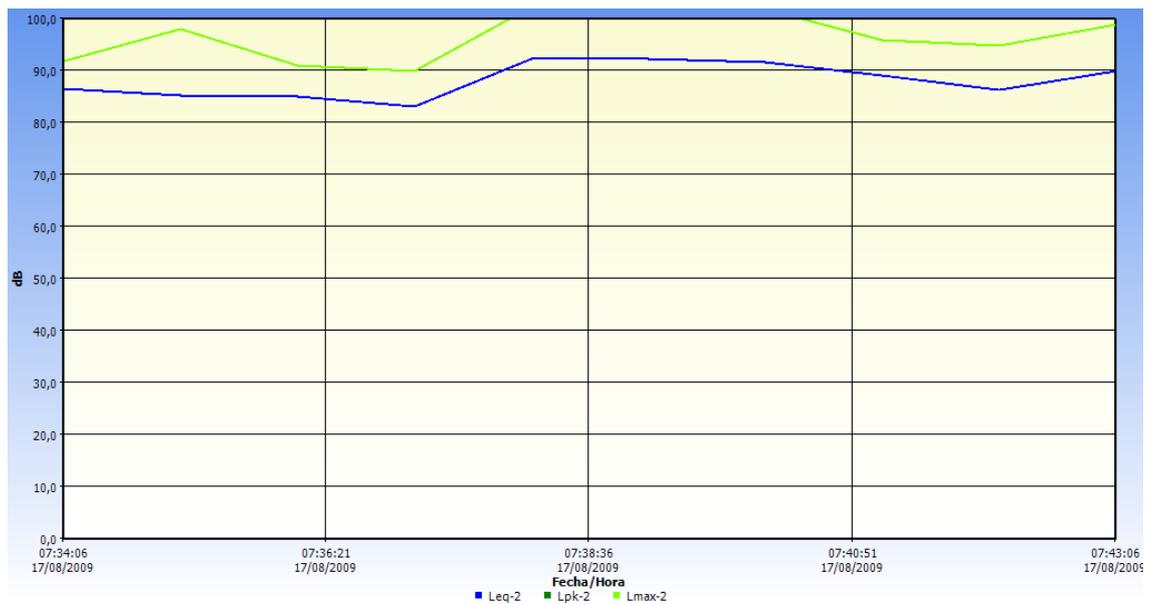


Figura. 3.21. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 18 de agosto del 2009 en el horario de 11:50 – 12:00.



Figura. 3.22. Panel de información básica de la medición

The screenshot shows a software window titled "Panel general de datos" with a red header bar. The window contains a table with the following data:

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	63,1 dB
Lmax	1	91,4 dB
Leq	1	76,9 dB
Lpk	1	107,6 dB
L90	1	67,9 dB
L10	1	80,3 dB

Figura. 3.23. Panel general de datos obtenidos

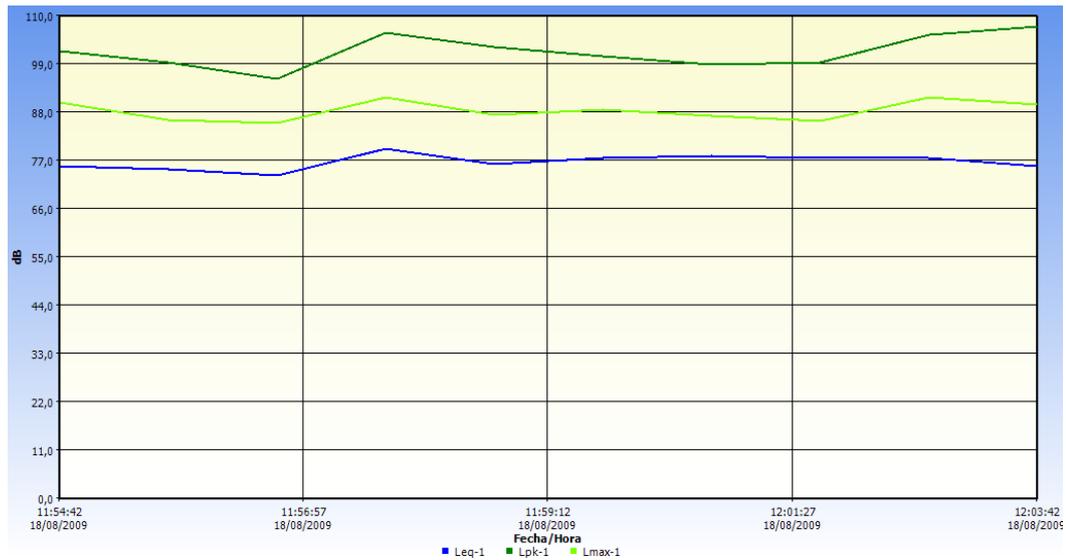


Figura. 3.24. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 10 de Agosto, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 18:12 – 18:22.

Information Panel

Nombre:
lu-10 de ago y colon n

Hora de inicio:
lunes, 17 de agosto del 2009 18:12:30

Hora de paro:
lunes, 17 de agosto del 2009 18:22:33

Tipo del modelo del dispositivo:
SoundPro DL

Comentarios:

Figura. 3.25. Panel de información básica de la medición

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	77,7 dB
Lmax	1	95,2 dB
Lpk	1	110 dB
Leq	1	86,3 dB
L90	1	82,4 dB
L10	1	88,5 dB

Figura. 3.26. Panel general de datos obtenidos

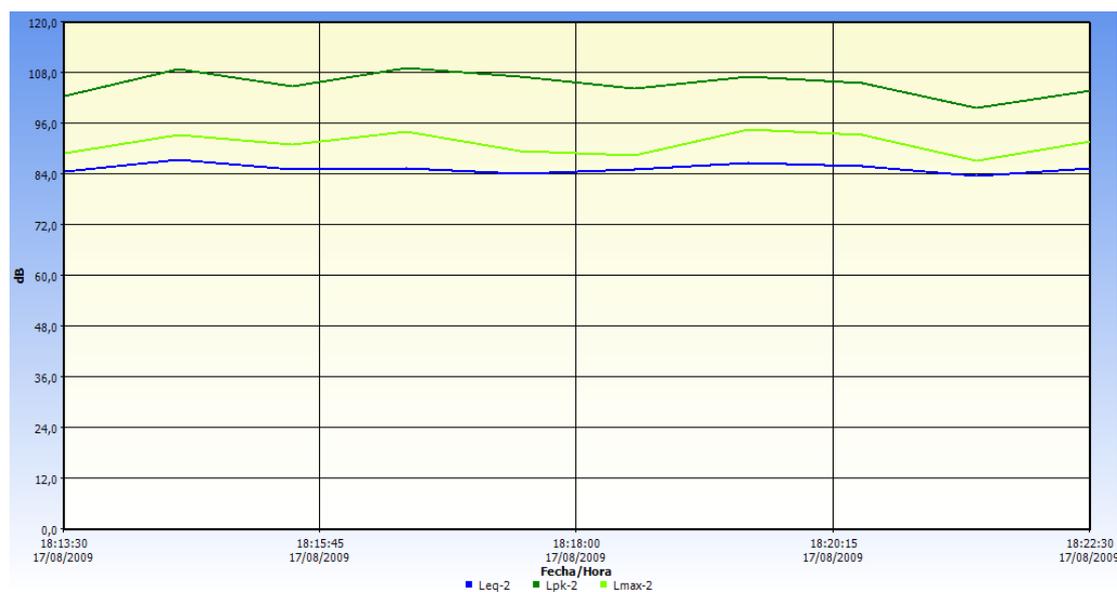


Figura. 3.27. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 8:18 – 8:28.



Figura. 3.28. Panel de información básica de la medición

The screenshot shows a window titled "Panel general de datos" with a red header bar. It contains a table with the following data:

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	77,9 dB
Lmax	1	100 dB
Lpk	1	111,1 dB
Leq	1	86,7 dB
L90	1	80,6 dB
L10	1	89,8 dB

Figura. 3.29. Panel general de datos obtenidos

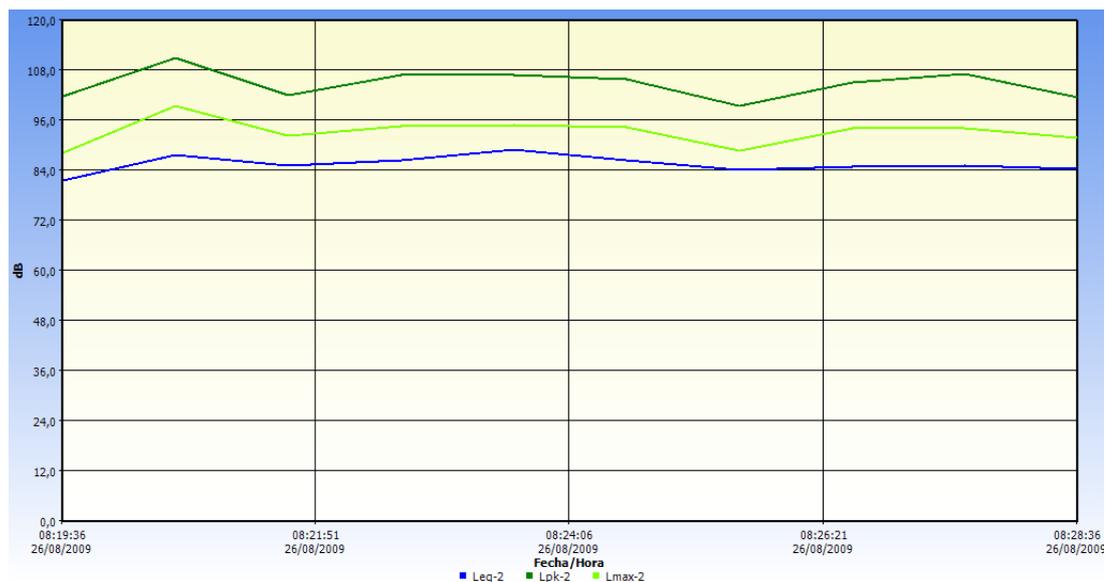


Figura. 3.30. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 25 de agosto del 2009 en el horario de 12:50 – 13:00.

The screenshot shows a software window titled 'Information Panel' with a red header and standard window controls. The content is as follows:

Nombre:
ma-amaz y nnu

Hora de inicio:
martes, 25 de agosto del 2009 12:50:13

Hora de paro:
martes, 25 de agosto del 2009 13:00:14

Tipo del modelo del dispositivo:
SoundPro DL

Comentarios:
(Empty text area)

Figura. 3.31. Panel de información básica de la medición

Panel general de datos		
Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	80,5 dB
Lmax	1	102,3 dB
Lpk	1	115,6 dB
Leq	1	88,3 dB
L90	1	82,5 dB
L10	1	91 dB

Figura. 3.32. Panel general de datos obtenidos

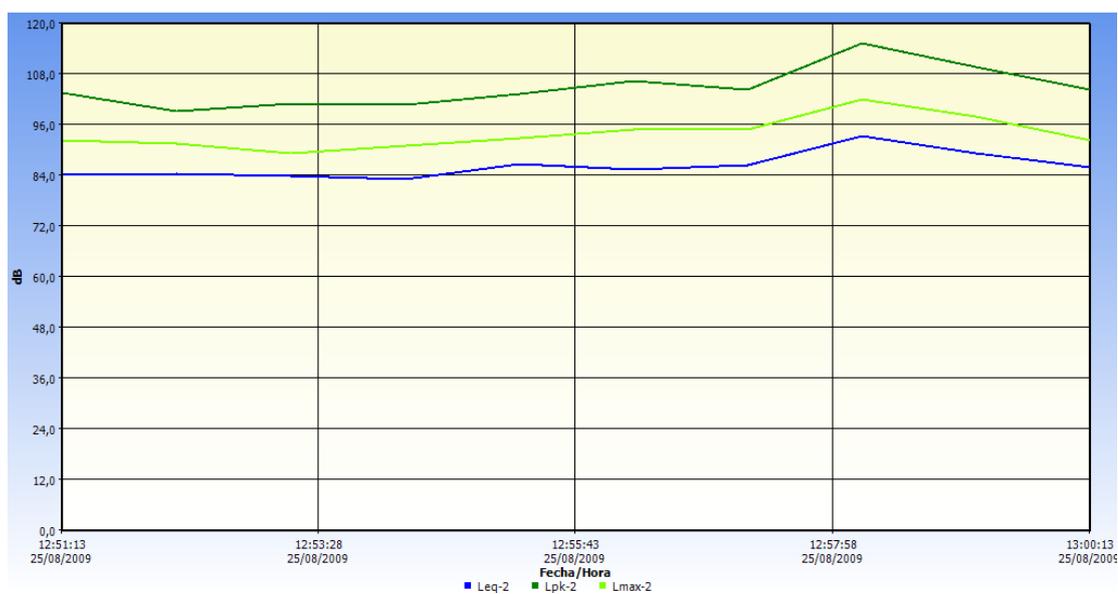


Figura. 3.33. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. De los Shyris, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 18:10 – 18:20.



Figura. 3.34. Panel de información básica de la medición

The screenshot shows a window titled "Panel general de datos" with a red header bar. It contains a table with the following data:

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	68,7 dB
Lmax	1	94,4 dB
Lpk	1	110,8 dB
Leq	1	88 dB
L10	1	90,6 dB
L90	1	82,1 dB

Figura. 3.35. Panel general de datos obtenidos

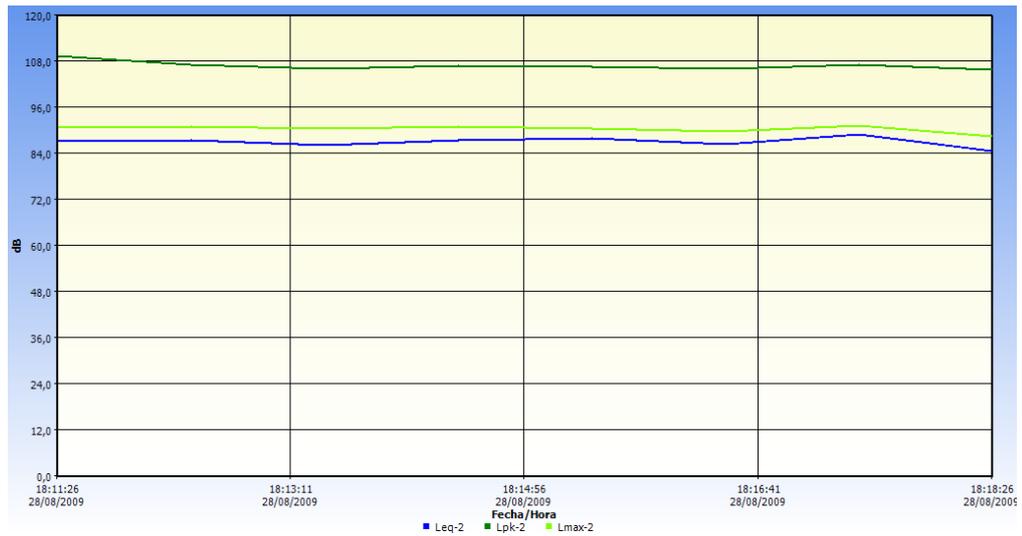


Figura. 3.36. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector del Centro Histórico (Benalcázar y Antonio José de Sucre), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 08:00 – 08:10



Figura. 3.37. Panel de información básica de la medición

Panel general de datos		
Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	75,1 dB
Lmax	1	99,8 dB
Lpk	1	110,2 dB
Leq	1	86 dB
L90	1	79,4 dB
L10	1	88,4 dB

Figura. 3.38. Panel general de datos obtenidos

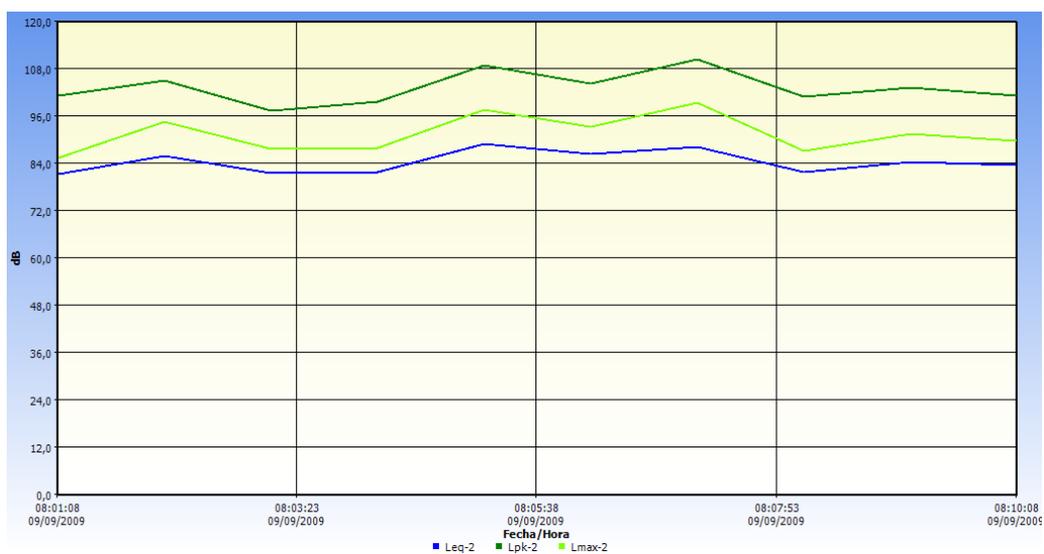


Figura. 3.39. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector de la Marín (El Playón – Av. Pichincha), se muestra la medición del Jueves, 10 de septiembre del 2009 en el horario de 13:20 – 13:30



Figura. 3.40. Panel de información básica de la medición

The screenshot shows a window titled "Panel general de datos" with a red header bar. It contains a table with the following data:

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	77,6 dB
Lmax	1	92,8 dB
Lpk	1	105,1 dB
Leq	1	84,3 dB
L90	1	80,2 dB
L10	1	87,4 dB

Figura. 3.41. Panel general de datos obtenidos

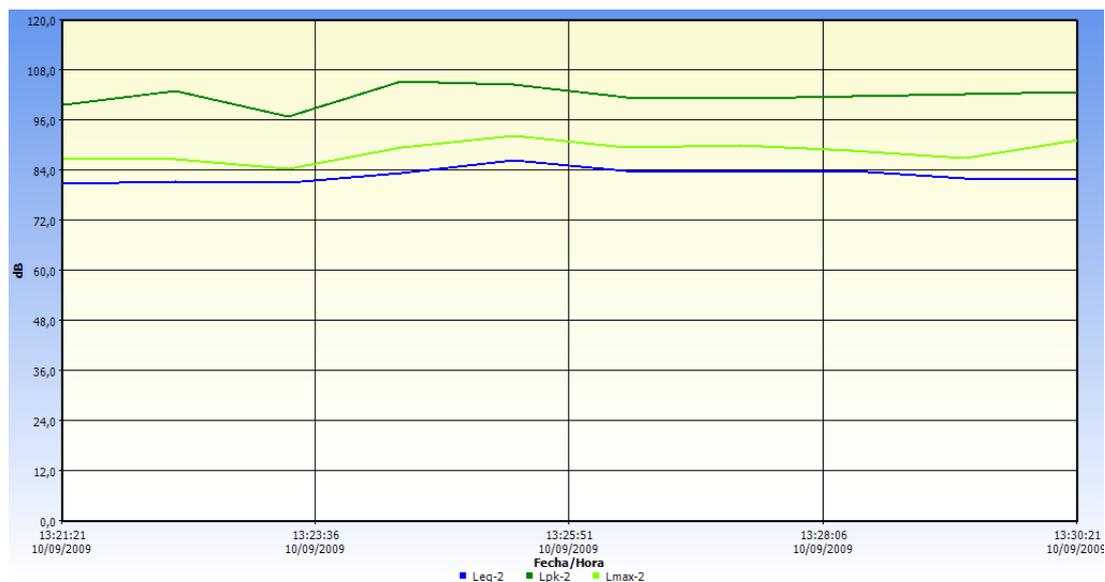


Figura. 3.42. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

En el sector de La Marín (El Trébol, Av. Oriental y Pichincha), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 13:50 – 14:00

The screenshot shows a software window titled "Information Panel" with a red header and standard window controls. The content is as follows:

Nombre:	MI-TRE~4
Hora de inicio:	miércoles, 09 de septiembre del 2009 13:51:00
Hora de paro:	miércoles, 09 de septiembre del 2009 14:01:02
Tipo del modelo del dispositivo:	SoundPro DL
Comentarios:	

Figura. 3.43. Panel de información básica de la medición

Descripción	Medidor/Sensor	Valor
Índice de intercambio	1	3 dB
Lmin	1	74 dB
Lmax	1	99,1 dB
Lpk	1	111 dB
Leq	1	86,8 dB
L90	1	79,8 dB
L50	1	84,7 dB
L10	1	90 dB
L1	1	95,2 dB

Figura. 3.44. Panel general de datos obtenidos

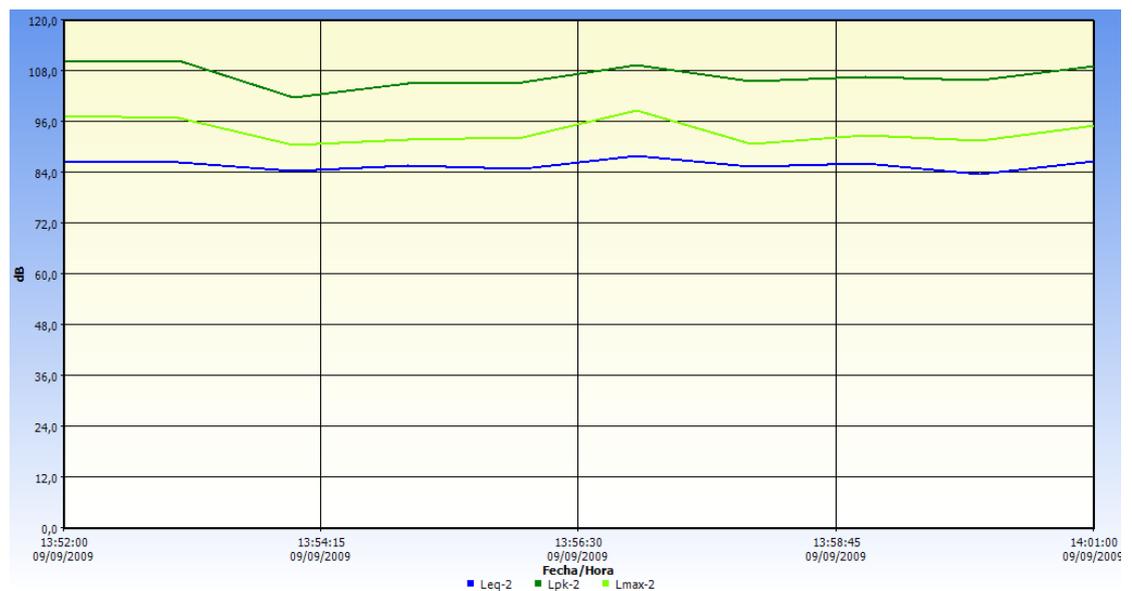


Figura. 3.45. Leq, Lpk, Lmax vs. Tiempo de medición

El resto de datos obtenidos que no se muestran debido a su gran cantidad se encuentran en un archivo digital que ha sido adjuntado a este proyecto.

3.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS NORMAS EXISTENTES

Una vez cumplidas las mediciones de todos los sectores anteriormente descritos, es preciso cortejar estos datos con los de la norma que se está tomando como referencia para el presente estudio.

Dicho esto, en el Distrito Metropolitano de Quito mediante la Resolución 0002-DMA-2008 de la DIRECCIÓN METROPOLITANA AMBIENTAL ha especificado la NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE RUIDO CAUSADO POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES que tiene como objetivo determinar los métodos y procedimientos para la determinación de los niveles de ruido, niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas, y los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.

El nivel de ruido máximo permisible en fuentes fijas no podrá transgredir los horarios ni exceder los niveles máximos expresados en dB(A), que se fijan en la Tabla 2.1 mostrada anteriormente.

De acuerdo a esto, los sectores que han sido objeto de este estudio se encuentran dentro de la zona Comercial. Con estos datos, es posible realizar una comparación de los datos obtenidos con los datos permitidos en la norma.

A continuación se muestran algunos de los datos obtenidos, debido a la gran cantidad de los mismos, se mostrarán de manera completa como anexos, los cuales están incluidos en el dispositivo magnético adjunto a este proyecto de investigación.

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 7:30 – 7:40.

Tiempo de Medición	Leq-1 (dB)	Lpk-1 (dB)	Lmax-1 (dB)
7:34:06	86,5	103,5	93,1
7:35:06	85,2	110,3	98,2
7:36:06	85	102,9	91,6
7:37:06	83	103	91,2
7:38:06	92,2	111,6	103,1
7:39:06	92,2	113,5	105,1
7:40:06	91,7	108,6	102,4
7:41:06	89,1	108	96,7
7:42:06	86,2	108,4	95,5
7:43:06	89,9	110,9	99,7

Tabla. 3.1. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 18 de agosto del 2009 en el horario de 12:50 – 13:00

Tiempo de Medición	Leq-1 (dB)	Lpk-1 (dB)	Lmax-1 (dB)
12:54:42	75,6	102	90,3
12:55:42	75,1	99,4	86,8
12:56:42	73,5	95,5	85,5
12:57:42	79,6	106,1	91,4
12:58:42	76,1	102,9	87,3
12:59:42	77,5	100,8	88,7
13:00:42	78	99	87,2
13:01:42	77,5	99,3	86
13:02:42	77,5	105,7	91,4
13:03:42	75,8	107,6	89,8

Tabla. 3.2. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 10 de Agosto, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 18:12 – 18:22.

Tiempo de Medición	Leq-1 (dB)	Lpk-1 (dB)	Lmax-1 (dB)
18:13:30	84,6	102,5	88,9
18:14:30	87,5	108,9	93,2
18:15:30	85,2	104,8	91
18:16:30	85,4	109,1	94,1
18:17:30	84,1	107,1	89,4
18:18:30	85,1	104,3	88,5
18:19:30	86,8	107,1	94,6
18:20:30	86	105,6	93,2
18:21:30	83,5	99,6	87,2
18:22:30	85,5	103,8	91,8

Tabla. 3.3. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 8:18 – 8:28.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
8:20:36	87,8	110,9	99,4
8:21:36	88,9	106,8	94,9
8:22:36	86,5	106,8	94,6
8:23:36	86,5	105,9	94,4
8:24:36	85	105	94,2
8:25:36	85,1	107	94
8:26:36	85,1	101,9	92,2
8:27:36	84,3	101,5	91,7
8:28:36	84,1	99,4	88,8
8:29:36	81,6	101,8	88,3

Tabla. 3.4. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 25 de agosto del 2009 en el horario de 12:50 – 13:00.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
12:51:13	84,2	103,5	92,3
12:52:13	84,3	99,3	91,5
12:53:13	83,9	101,1	89,3
12:54:13	83,2	100,7	91,1
12:55:13	86,6	103,4	92,8
12:56:13	85,3	106,3	94,9
12:57:13	86,3	104,3	94,9
12:58:13	93,3	115,2	101,9
12:59:13	89,3	109,6	98
13:00:13	85,9	104,2	92,4

Tabla. 3.5. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. De los Shyris, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 18:10 – 18:20.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
18:03:06	85,3	102,6	92,1
18:04:06	84,5	104,6	90,9
18:05:06	88,1	106,9	93,8
18:06:06	88,5	107,5	95,5
18:07:06	84,4	102,7	92,1
18:08:06	86,6	105,7	92
18:09:06	84,9	104,3	90,7
18:10:06	85,5	106,4	91,8
18:11:06	83,2	97,7	86,1
18:12:06	85,4	104,7	92

Tabla. 3.6. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector del Centro Histórico (Benalcázar y Antonio José de Sucre), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 08:00 – 08:10

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
8:01:08	81,4	101,3	85,3
8:02:08	86	105	94,5
8:03:08	81,6	97,5	87,8
8:04:08	81,9	99,6	88
8:05:08	89	108,9	97,6
8:06:08	86,3	104,3	93,4
8:07:08	88,1	110,4	99,5
8:08:08	81,8	100,9	87,1
8:09:08	84,5	103,3	91,6
8:10:08	83,5	101,2	89,7

Tabla. 3.7. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector de la Marín (El Playón – Av. Pichincha), se muestra la medición del Jueves, 10 de septiembre del 2009 en el horario de 13:40 – 12:50

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
12:42:09	89,1	106,6	93,8
12:43:09	90,1	108,5	99,8
12:44:09	86	100,7	88,9
12:45:09	86,2	101,7	90,6
12:46:09	87,4	105,9	93,7
12:47:09	86,5	105,5	89,9
12:48:09	86,3	103,3	91,3
12:49:09	90	108,7	97,5
12:50:09	85,6	102	89,8
12:51:09	85,8	101,4	89,9

Tabla. 3.8. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

En el sector de La Marín (El Trébol, Av. Oriental y Pichincha), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 13:50 – 14:00

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)
13:52:00	86,3	110,1	97,3
13:53:00	86,3	110,4	97
13:54:00	84,3	101,7	90,4
13:55:00	85,7	105	91,9
13:56:00	84,8	105,3	92,2
13:57:00	88	109,3	98,6
13:58:00	85,3	105,6	90,7
13:59:00	86,2	106,6	92,9
14:00:00	83,5	105,9	91,6
14:01:00	86,6	109,2	95,1

Tabla. 3.9. Valores Leq, Lpk, Lmax, obtenidos en la medición

Observando los valores obtenidos de las mediciones, queda muy claro que, las zonas que están siendo objeto de estudio están por sobre la norma establecida para el control de ruido.

Para poder observar de mejor manera la forma en la que se está violando la norma, se han realizado estudios percentiles en los que se pueden apreciar en que porcentaje se están sobrepasando los datos de la norma.

Como en el apartado anterior y debido a la gran cantidad de datos, solo se mostrarán datos de sectores escogidos al azar, el resto, se mostrarán en un archivo digital adjunto al proyecto.

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 7:30 – 7:40.

Tiempo de Medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
7:34:06	86,5	103,5	93,1	44,17
7:35:06	85,2	110,3	98,2	42,00
7:36:06	85	102,9	91,6	41,67
7:37:06	83	103	91,2	38,33
7:38:06	92,2	111,6	103,1	53,67
7:39:06	92,2	113,5	105,1	53,67
7:40:06	91,7	108,6	102,4	52,83
7:41:06	89,1	108	96,7	48,50
7:42:06	86,2	108,4	95,5	43,67
7:43:06	89,9	110,9	99,7	49,83

Tabla. 3.10. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 18 de agosto del 2009 en el horario de 12:50 – 13:00.

Tiempo de Medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
12:54:42	75,6	102	90,3	26,00
12:55:42	75,1	99,4	86,8	25,17
12:56:42	73,5	95,5	85,5	22,50
12:57:42	79,6	106,1	91,4	32,67
12:58:42	76,1	102,9	87,3	26,83
12:59:42	77,5	100,8	88,7	29,17
13:00:42	78	99	87,2	30,00
13:01:42	77,5	99,3	86	29,17
13:02:42	77,5	105,7	91,4	29,17
13:03:42	75,8	107,6	89,8	26,33

Tabla. 3.11. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector Av. Cristóbal Colón y Av. 10 de Agosto, se muestra la medición del Lunes, 17 de agosto del 2009 en el horario de 18:12 – 18:22.

Tiempo de Medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
18:13:30	84,6	102,5	88,9	41,00
18:14:30	87,5	108,9	93,2	45,83
18:15:30	85,2	104,8	91	42,00
18:16:30	85,4	109,1	94,1	42,33
18:17:30	84,1	107,1	89,4	40,17
18:18:30	85,1	104,3	88,5	41,83
18:19:30	86,8	107,1	94,6	44,67
18:20:30	86	105,6	93,2	43,33
18:21:30	83,5	99,6	87,2	39,17
18:22:30	85,5	103,8	91,8	42,50

Tabla. 3.12. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. 6 de Diciembre, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 8:18 – 8:28.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
8:20:36	87,8	110,9	99,4	46,33
8:21:36	88,9	106,8	94,9	48,17
8:22:36	86,5	106,8	94,6	44,17
8:23:36	86,5	105,9	94,4	44,17
8:24:36	85	105	94,2	41,67
8:25:36	85,1	107	94	41,83
8:26:36	85,1	101,9	92,2	41,83
8:27:36	84,3	101,5	91,7	40,50
8:28:36	84,1	99,4	88,8	40,17
8:29:36	81,6	101,8	88,3	36,00

Tabla. 3.13. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. Amazonas, se muestra la medición del Martes, 25 de agosto del 2009 en el horario de 12:50 – 13:00.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
12:51:13	84,2	103,5	92,3	40,33
12:52:13	84,3	99,3	91,5	40,50
12:53:13	83,9	101,1	89,3	39,83
12:54:13	83,2	100,7	91,1	38,67
12:55:13	86,6	103,4	92,8	44,33
12:56:13	85,3	106,3	94,9	42,17
12:57:13	86,3	104,3	94,9	43,83
12:58:13	93,3	115,2	101,9	55,50
12:59:13	89,3	109,6	98	48,83
13:00:13	85,9	104,2	92,4	43,17

Tabla. 3.14. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector Av. Naciones Unidas y Av. De los Shyris, se muestra la medición del Miércoles, 26 de agosto del 2009 en el horario de 18:10 – 18:20.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
18:03:06	85,3	102,6	92,1	42,17
18:04:06	84,5	104,6	90,9	40,83
18:05:06	88,1	106,9	93,8	46,83
18:06:06	88,5	107,5	95,5	47,50
18:07:06	84,4	102,7	92,1	40,67
18:08:06	86,6	105,7	92	44,33
18:09:06	84,9	104,3	90,7	41,50
18:10:06	85,5	106,4	91,8	42,50
18:11:06	83,2	97,7	86,1	38,67
18:12:06	85,4	104,7	92	42,33

Tabla. 3.15. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector del Centro Histórico (Benalcázar y Antonio José de Sucre), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 08:00 – 08:10

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
8:01:08	81,4	101,3	85,3	35,67
8:02:08	86	105	94,5	43,33
8:03:08	81,6	97,5	87,8	36,00
8:04:08	81,9	99,6	88	36,50
8:05:08	89	108,9	97,6	48,33
8:06:08	86,3	104,3	93,4	43,83
8:07:08	88,1	110,4	99,5	46,83
8:08:08	81,8	100,9	87,1	36,33
8:09:08	84,5	103,3	91,6	40,83
8:10:08	83,5	101,2	89,7	39,17

Tabla. 3.16. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector de la Marín (El Playón – Av. Pichincha), se muestra la medición del Jueves, 10 de septiembre del 2009 en el horario de 13:40 – 12:50

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
12:42:09	89,1	106,6	93,8	48,50
12:43:09	90,1	108,5	99,8	50,17
12:44:09	86	100,7	88,9	43,33
12:45:09	86,2	101,7	90,6	43,67
12:46:09	87,4	105,9	93,7	45,67
12:47:09	86,5	105,5	89,9	44,17
12:48:09	86,3	103,3	91,3	43,83
12:49:09	90	108,7	97,5	50,00
12:50:09	85,6	102	89,8	42,67
12:51:09	85,8	101,4	89,9	43,00

Tabla. 3.17. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

En el sector de El Trébol (Av. Oriental y Pichincha), se muestra la medición del Miércoles, 9 de septiembre del 2009 en el horario de 13:50 – 14:00

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
13:52:00	86,3	110,1	97,3	43,83
13:53:00	86,3	110,4	97	43,83
13:54:00	84,3	101,7	90,4	40,50
13:55:00	85,7	105	91,9	42,83
13:56:00	84,8	105,3	92,2	41,33
13:57:00	88	109,3	98,6	46,67
13:58:00	85,3	105,6	90,7	42,17
13:59:00	86,2	106,6	92,9	43,67
14:00:00	83,5	105,9	91,6	39,17
14:01:00	86,6	109,2	95,1	44,33

Tabla. 3.18. Porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

Como se pueden observar, los valores de porcentaje en los que se sobrepasan los datos de la norma establecida son altos, pero diferentes dependiendo del sector y horario de medición.

Pero de acuerdo a lo obtenido, el porcentaje más alto que supera a la norma y donde se encuentra la mayor contaminación acústica es en el horario del medio día, es decir, de 12:00 a 14:00.

Tiempo de medición	Leq (dB)	Lpk (dB)	Lmax (dB)	Porcentaje (%)
12:51:13	84,2	103,5	92,3	40,33
12:52:13	84,3	99,3	91,5	40,50
12:53:13	83,9	101,1	89,3	39,83
12:54:13	83,2	100,7	91,1	38,67
12:55:13	86,6	103,4	92,8	44,33
12:56:13	85,3	106,3	94,9	42,17
12:57:13	86,3	104,3	94,9	43,83
12:58:13	93,3	115,2	101,9	55,50
12:59:13	89,3	109,6	98	48,83
13:00:13	85,9	104,2	92,4	43,17

Tabla. 3.19. Máximo porcentaje en el que Leq sobrepasa la norma

Como es conocido, y de acuerdo a la Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, esta franja de la tarde es donde más tráfico se puede observar en la ciudad de Quito, en cualquier sector comercial, por lo que, los datos obtenidos concuerdan con la realidad actual del Distrito Metropolitano de Quito.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA ACUSTICO VEHICULAR Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ELABORACIÓN DEL MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DE LA CIUDAD DE QUITO

4.1.1. Mapas de ruido

Los mapas de ruido son una de las principales herramientas a nivel internacional, para contar con un adecuado conocimiento de los niveles de ruido presentes en un sector, zona, región, ciudad y en muchos casos países.

Un mapa de ruido es la representación cartográfica de los niveles de presión sonora (ruido) existentes en una zona concreta y en un periodo de tiempo determinado.

La utilidad del mapa de ruido es determinar la exposición de la población al ruido ambiental, para así adoptar los planes de acción necesarios para prevenir y

reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.

En los mapas de ruido es fácil presentar de manera visual una serie de datos relevantes sobre el ruido medido o calculado en una determinada área geográfica. Dichos datos suelen ser, por ejemplo, los niveles equivalentes sonoros horarios, diarios o anuales y los correspondientes niveles estadísticos. Para facilitar la interpretación se utilizan generalmente curvas de nivel similares a las de los mapas topográficos, denominadas curvas isosónicas o también isoruido.

Esta forma de presentar la información tiene la virtud de que mediante una rápida inspección visual es posible obtener una imagen bastante ilustrativa de la ubicación y la magnitud de los principales problemas de contaminación acústica y pueden ser utilizados para asociar los parámetros geográficos con los datos del ruido y sus fuentes, haciendo posible la planificación de espacios, el control de impacto de fuentes sonoras sobre el ambiente, la zonificación acústica, el control administrativo de la aplicación de normas, entre otros.

De acuerdo con la OMS, un componente crucial de la implementación de planes para reducir el ruido, es tener un conocimiento cuantitativo razonable de la exposición a este, lo cual se logra a través de mapas de ruido, entre otros instrumentos. Por otra parte, la directiva Europea determina que se requiere que los mapas estratégicos de ruido se revisen y si es necesario se modifiquen al menos cada cinco años.

4.1.2. Software para la implementación

Una vez obtenidos todos los datos de los niveles de ruido de cada uno de los sectores antes mencionados, y una vez conocida toda la información referente a

la elaboración y objetivos de un mapa de ruido, se procedió a la elaboración del mapa de ruido del presente proyecto, con el cual se concluye con el estudio realizado.

Para empezar con la elaboración del mapa de ruido, se buscó información acerca de alternativas de software que permitan realizar las aplicaciones que se han propuesto en el proyecto.

Una vez obtenida esta información se escogió el programa informático más adecuado para esta aplicación ARCGIS 9. con ARCMAP 9.2. que es una herramienta de información geográfica que permite la manipulación de datos internos y externos trabajando conjuntamente con parte gráfica e información.

Este programa informático brinda muchas bondades, una de las más utilizadas es la de *Maps and globes* que es el manejo de mapas interactivos que muestran información o resultados de estudios realizados de una manera geográfica para representar fenómenos geográficos [8] en este caso el ruido, siendo esta la mejor alternativa para la elaboración del mencionado mapa.

Este programa aparte de todas sus funcionalidades, está disponible para ser instalado y funcionar de manera óptima en cualquier versión de Windows incluyendo la versión de Windows Vista. Además tiene un requerimiento de espacio en el disco de 1.5 GB. Las licencias de instalación son de propiedad de la Escuela Politécnica del Ejército del Departamento de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente.

4.1.3. Elaboración del mapa

Una vez entendida la manera en la que el software antes mencionado trabaja y con la base de datos obtenida en el capítulo anterior, se ha procedido a la elaboración del mapa interactivo de ruido.

4.1.3.1. Descripción de requerimientos del software. El software antes descrito se maneja mediante **capas**. Cada capa poseerá diferente información, la creación de capas dependerá de la cantidad de información disponible con la que se va a trabajar.

Adicionalmente, el software trabaja con dos tipos de datos que son de tipo gráfico y de tipo base de datos. Los datos de tipo gráfico son de extensión *shp* y la base de datos es de extensión *dbf*, esto dentro del software.

Los datos no pueden ser creados en el software, solamente pueden ser exportados, para lo cual deben cumplir con los siguientes requisitos:

La parte gráfica debe ser un archivo de tipo *dwg* es decir que puede estar elaborado en el programa de diseño AUTOCAD en cualquiera de las versiones de este. Una vez obtenido este archivo, se lo exporta al software ARCGIS 9. con ARCMAP 9.2. para posteriormente dentro de este ser transformado a un archivo con extensión *shp*.

La parte de base de datos debe ser de tipo *dbf*, para esto debe estar elaborada en el programa Microsoft Office Excel de cualquier versión para posteriormente ser guardada como archivo *dbf* si es en la versión de Microsoft

Office 2003, si no es así puede ser transformado el archivo x/s mediante el software XLS to DBF Converter 2007.

Una vez obtenidos los archivos con las extensiones indicadas, se procede a la importación al software. Esto se realiza mediante un cuadro de diálogo para adicionar información al proyecto.

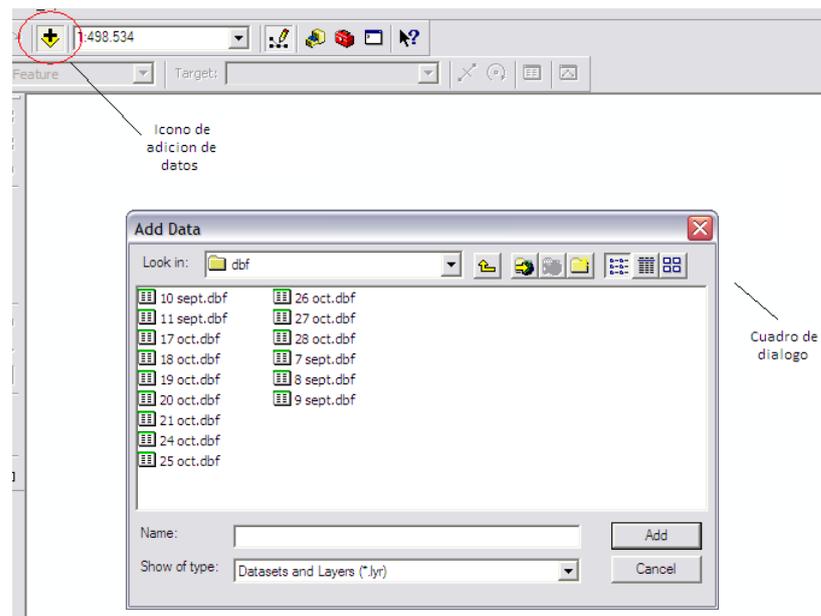


Figura. 4.1. Cuadro de diálogo para insertar información al proyecto

Para insertar capas en el software simplemente se utilizará el ícono de adición de capas el cual mostrará posteriormente un cuadro de diálogo con el que se podrá adicionar fácilmente las capas que contendrá el proyecto.

En este caso, se han creado tres capas, en las cuales se encontrará la siguiente información:

Primera capa: en esta capa se podrá visualizar el mapa general de la ciudad de Quito.

La escala del mapa puede ser cualquiera dependiendo del diseño, en este caso, la escala es de 1:89.985, el mapa es georeferenciado, es decir que tiene las coordenadas exactas de todos los sitios que en él se encuentren dibujados. Esta característica no es necesaria, pero si es de gran ayuda al momento de realizar la transformación de este archivo al archivo con la extensión que maneja el programa.

Segunda capa: aquí se encontrarán los puntos en donde se han hecho las mediciones de ruido antes mencionados, si ubicación dentro del mapa y su debida identificación.

Tercera capa: en esta se encontrarán los datos de ruido obtenidos en el estudio.

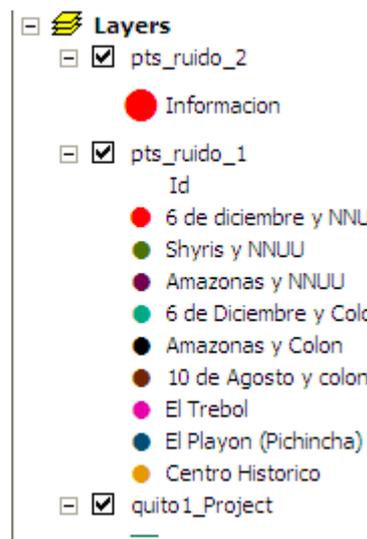


Figura. 4.2. Capas creadas en el proyecto

4.1.3.2. Importación de datos. Una vez creadas las capas que contendrán la información en el software y transformados debidamente los datos a las extensiones anteriormente indicadas, se procede a la importación de la base de datos al software.

Para esto se debe realizar una asociación “*join*” entre la capa que contendrá los datos y la base de datos haciendo click derecho sobre la capa de datos y seleccionando la opción *join* como se muestra en la figura 4.3.

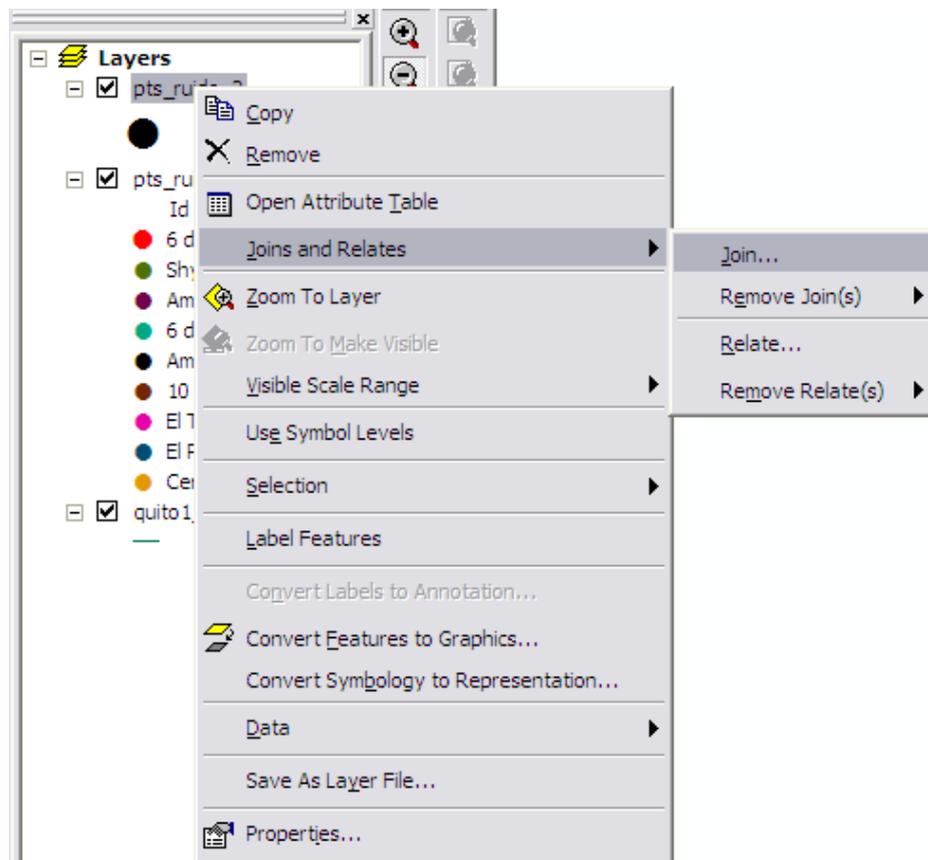


Figura. 4.3. Asociación de datos

Al escoger esta opción aparecerá un cuadro de diálogo que se muestra en la figura 4.4. que contiene los campos necesarios para realizar una asociación o *join* con la base de datos.

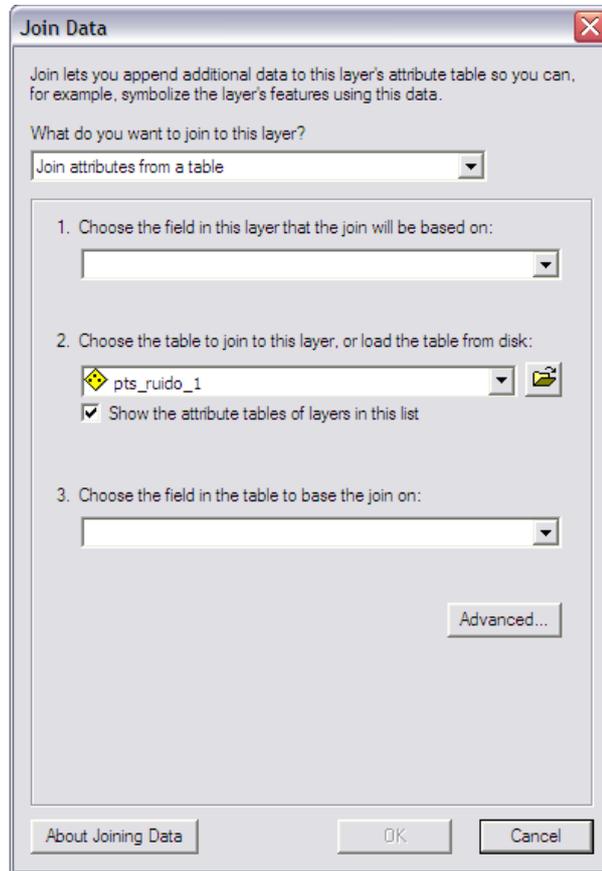


Figura. 4.4. Ventana de diálogo para la asociación de datos

Los campos que contiene esta ventana de diálogo cumplen las siguientes funciones:

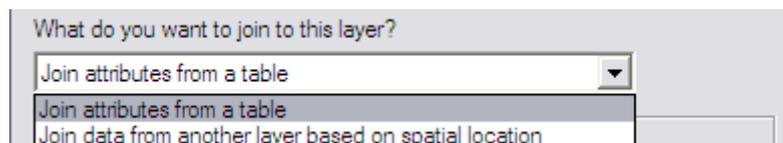


Figura. 4.5. Primer campo de la ventana de diálogo para la asociación de datos

En la figura 4.5. se muestra el primer campo de la ventana de diálogo de asociación de datos, en esta se escogió la primera opción debido a que la base de datos que va a ser utilizada es externa al programa.

En la figura 4.6. se muestra la ubicación y opciones del segundo campo a editar para realizar la asociación de los datos con la capa gráfica. Como se observa, la opción escogida es la primera debido a que el campo *FID* proporciona a la información los subíndices correspondientes a los puntos antes ubicados en el mapa de ruido, con lo cual, se logra una ubicación automática en el mapa al señalar la información de la tabla.

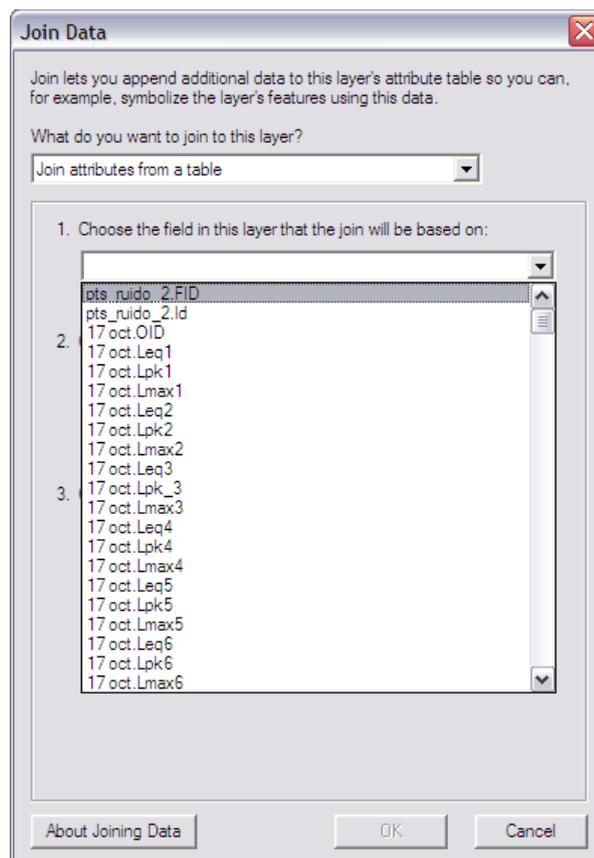


Figura. 4.6. Segundo campo de la ventana de diálogo para la asociación de datos

En el tercer campo para la asociación de datos mostrado en la figura 4.7. se debe escoger la información con su debida ubicación para lo cual, aparece una venta de diálogo que permitirá realizar esta acción.

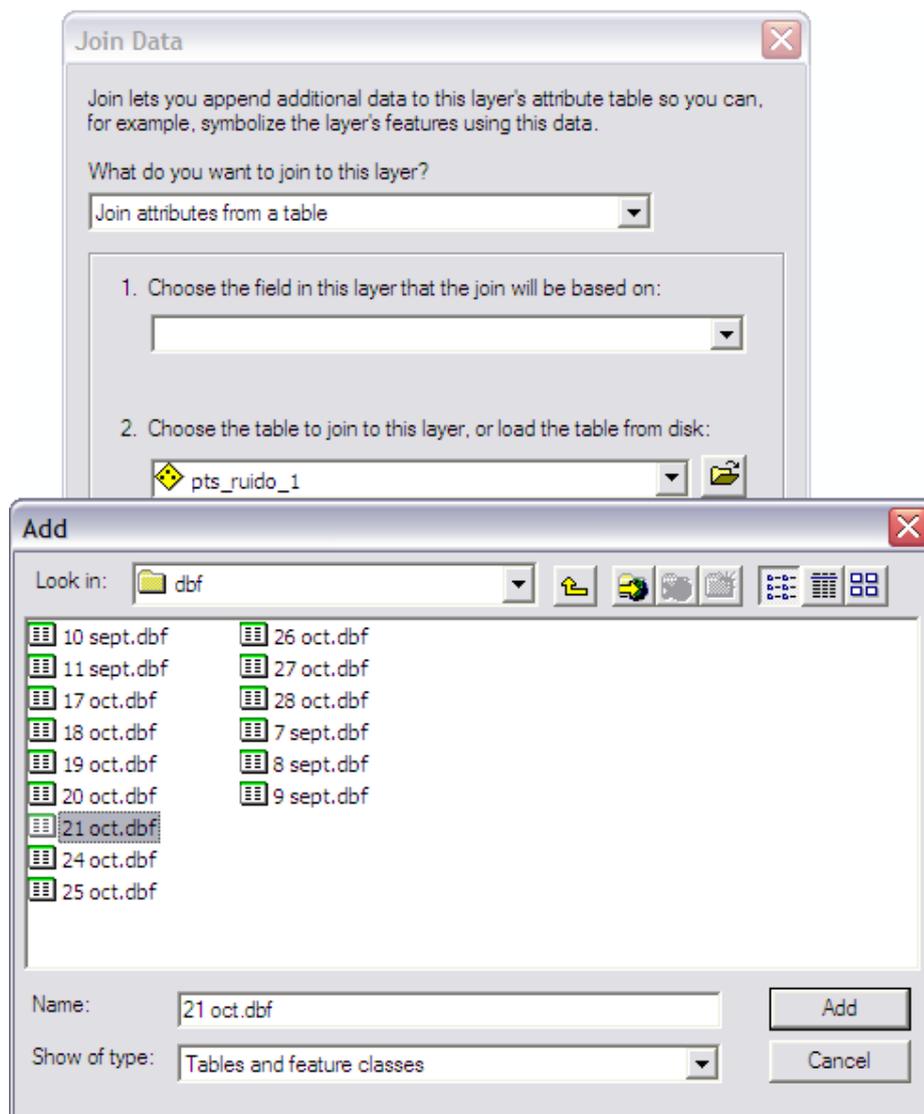


Figura. 4.7. Tercer campo de la ventana de diálogo para la asociación de datos

Finalmente, en el cuarto campo se escoge el campo al cual se va a asociar la información. Como en el segundo campo se escogió la opción *FID* en este

campo también se escogerá la misma opción. Esto se puede observar en la figura 4.8.

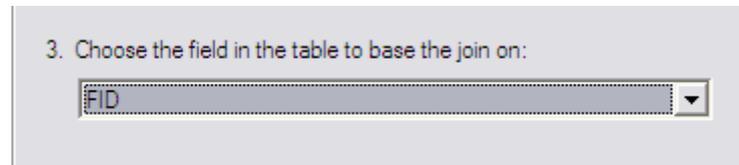


Figura. 4.8. Cuarto campo de la ventana de diálogo para la asociación de datos

Finalmente se da un click en la opción aceptar y se completa la asociación de la información con el mapa.

4.1.3.3. Hipervínculos. Además de las bondades descritas anteriormente, el software ARCGIS 9 con ARCMAP 9.2. tiene también la facilidad para crear hipervínculos permitiendo mostrar archivos en su formato original así como también imágenes.

Aprovechando esta propiedad del software y debido a la gran cantidad de información resultante de este estudio, se han creado hipervínculos en cada uno de los puntos de ruido antes mencionados que muestran la base de datos completa que ha sido creada en el programa Microsoft Office Excel.

Para la creación de hipervínculos se debe utilizar la herramienta *identify* que se encuentra dentro del menú *tools* mostrada en la figura 4.9. Haciendo un click sobre el punto donde se desea insertar el hipervínculo aparece una ventana de información que contiene los datos anteriormente asociados y dando un click derecho en la parte izquierda de la ventana se puede visualizar un menú de donde se escoge la opción *add hyperlink* como se muestra en la figura 4.10.



Figura. 4.9. Menú *tools*, herramienta *identify*

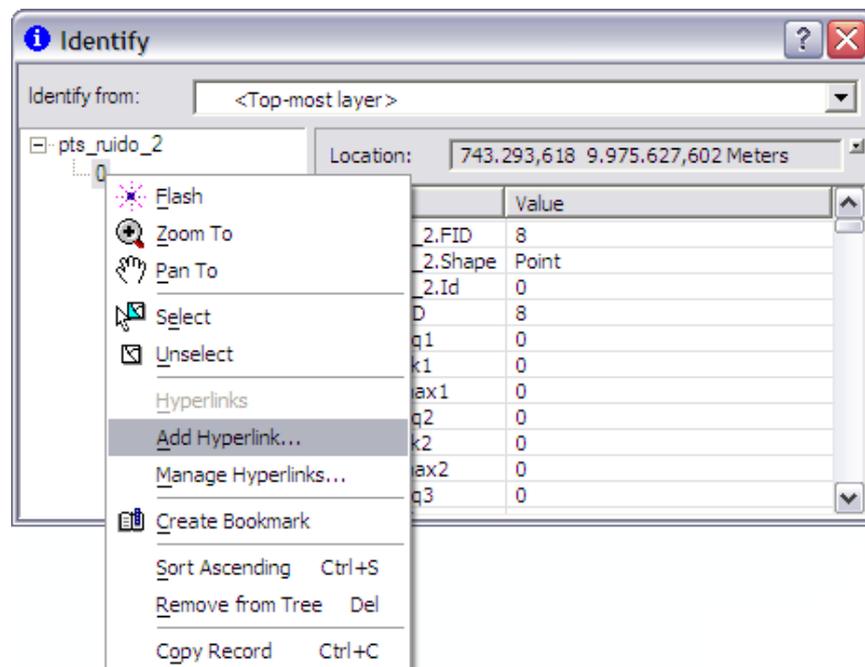


Figura. 4.10. Menú para insertar hipervínculos

A continuación se mostrará un cuadro de diálogo como el que muestra en la figura 4.11. en el que se deberá escoger la ubicación del archivo que se desea insertar como hipervínculo.



Figura. 4.11. Cuarto campo de la ventana de diálogo para la asociación de datos

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN EL MAPA ELABORADO

Una vez insertada la información obtenida en el software, es posible visualizarla.

Principalmente, en la venta de edición, el mapa de ruido, en resumen se visualizará como se muestra en la figura 4.12.

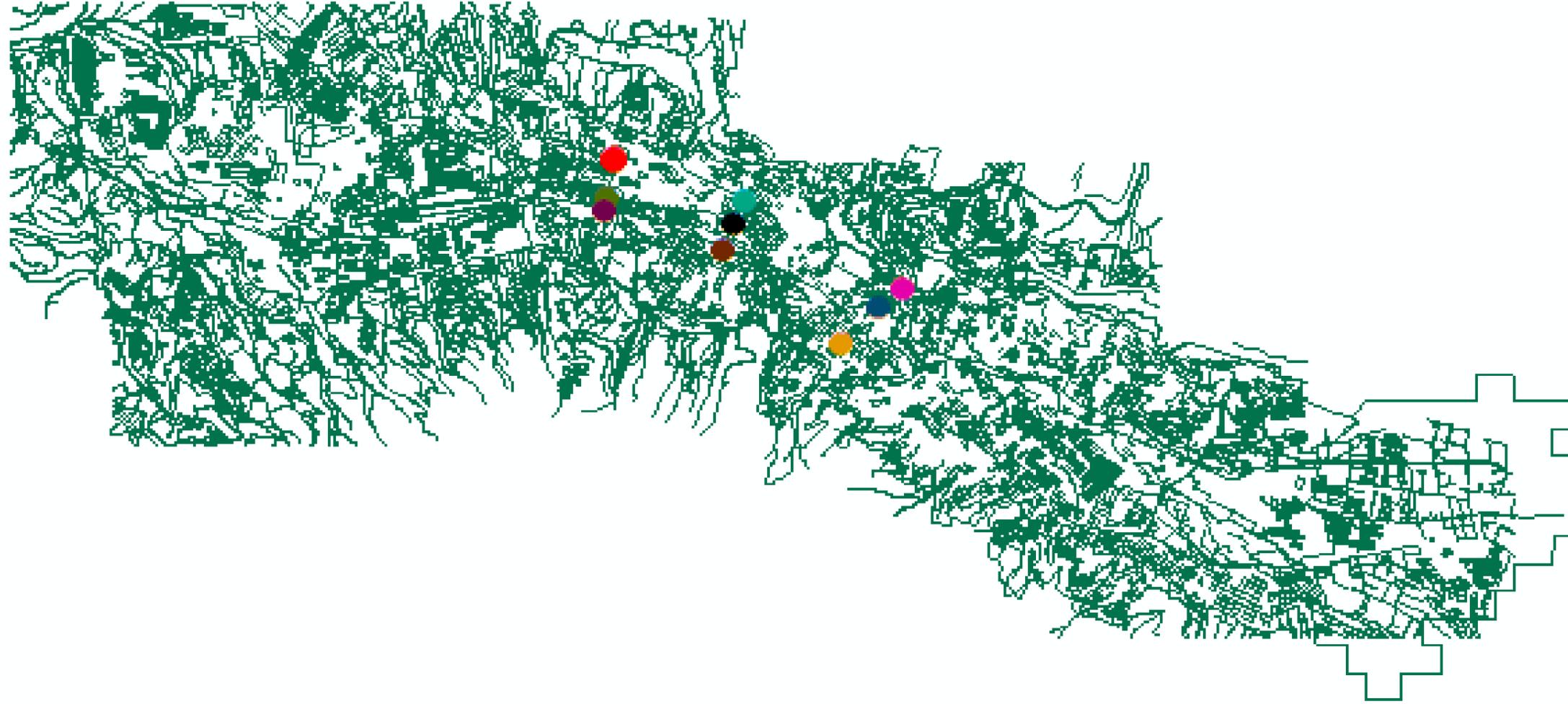


Figura. 4.12. Mapa de Contaminación Acústica visto en la ventana de edición

En la ventana de visualización general, el mapa de Contaminación Acústica se visualizará de una manera más formal, es decir, tendrá los nombres de los sectores que han sido estudiados, títulos, escalas, etc. como se muestra en la figura 4.13.

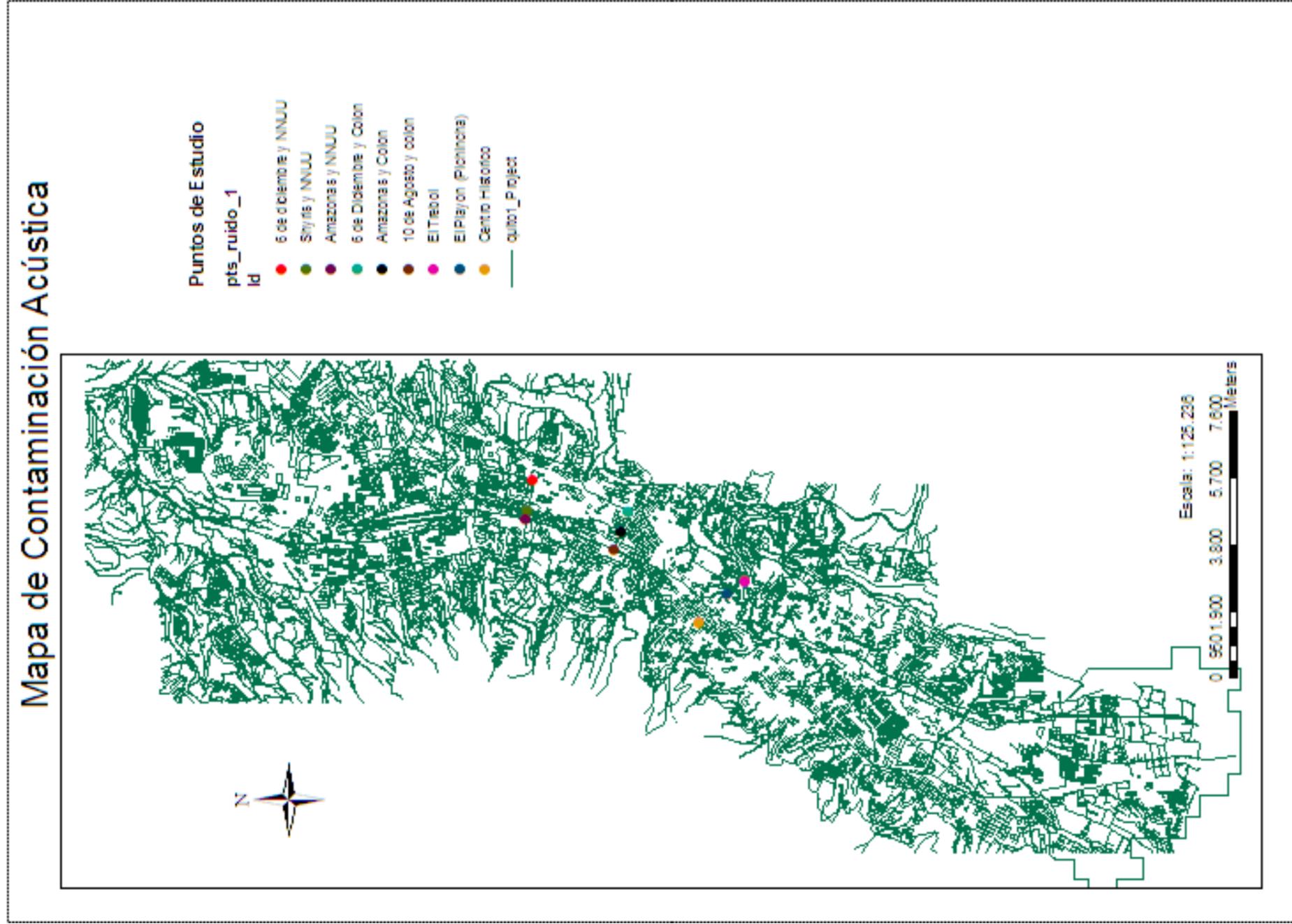


Figura. 4.13. Mapa de Contaminación Acústica completo

Para visualizar la información se pueden seguir dos procedimientos.

El primero se muestra en la figura 4.15. en la que se puede observar una tabla general de atributos de la capa de información donde se tienen todos los datos asociados.

La información de la tabla se lee de la siguiente manera:

Fecha de medición. Índice de ruido

Para poder visualizar esta tabla se debe seguir el procedimiento que se muestra en la figura 4.14.

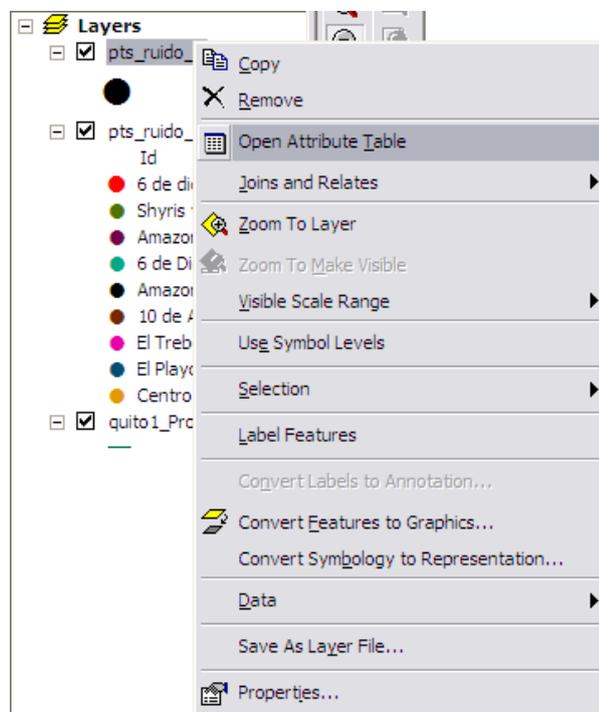


Figura. 4.14. Procedimiento para observar la tabla de atributos

18 oct.Leq1	18 oct.Lpk1	18 oct.Lmax1	18 oct.Leq2	18 oct.Lpk2	18 oct.Lmax2	18 oct.Leq3	1
77,9	89,4	85,8	77,8	97,3	87,4	74,64	
76,07	97,89	85,89	77,91	98,79	87,03	75,57	
77,88	99,71	87,46	77,81	100,04	89,43	72,76	
86,87	106,38	93,05	86,41	106,36	94,32	85,94	
83,93	104,45	91,99	84,7	104,44	92,95	85,49	
86,84	105,89	93,87	0	0	0	86,48	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	

Figura. 4.15. Tabla de datos completa

Otra forma de observar los datos asociados es dando click en cada uno de los puntos de ruido ubicados en el mapa escogiendo del menú *tools* la opción *identify* mencionado anteriormente.

La figura 4.16. muestra un ejemplo de cómo se visualiza la información en cada punto de ruido.

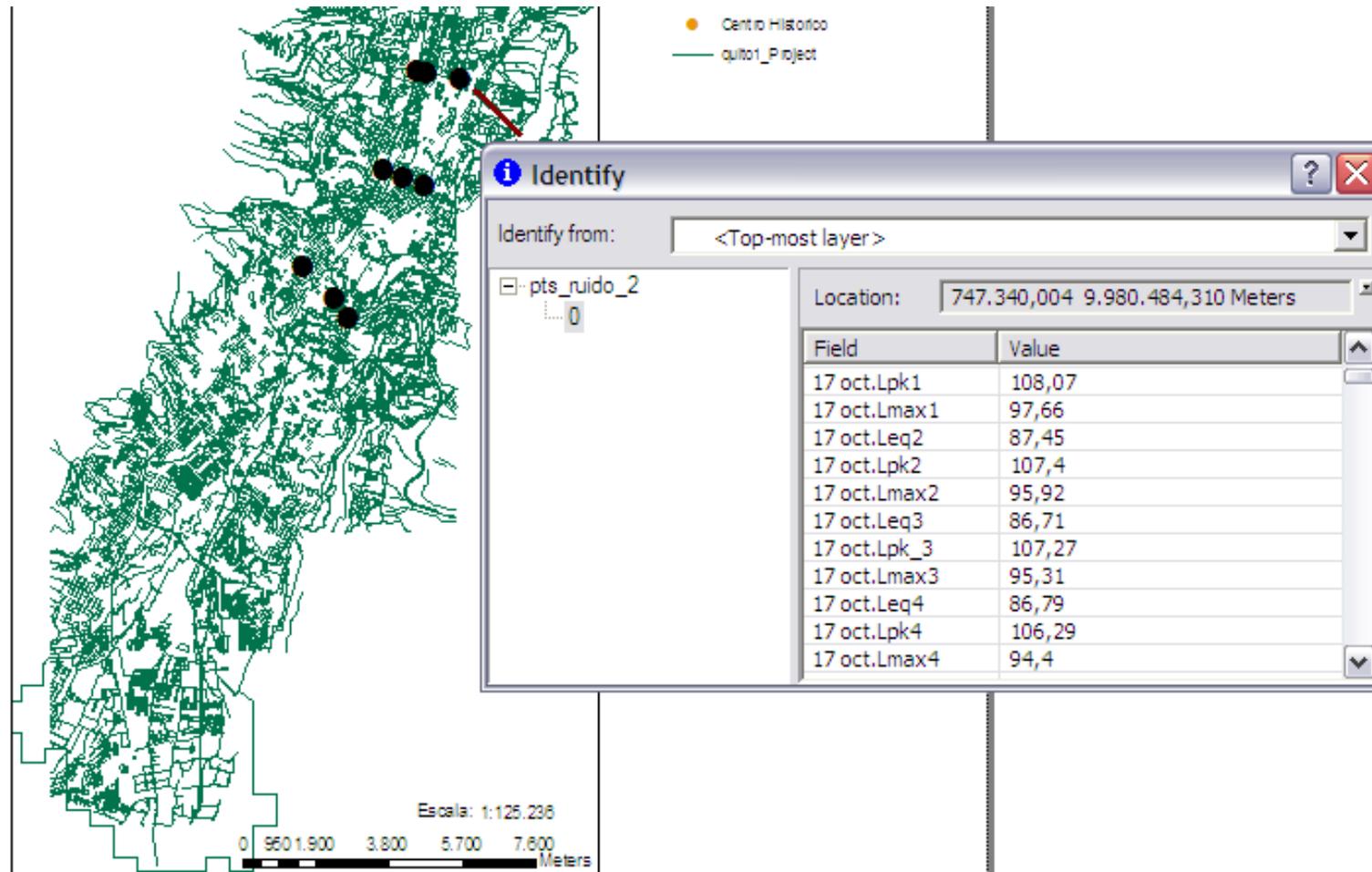


Figura. 4.16. Tabla de datos completa

Estos datos son un resumen diario de cada una de las mediciones realizadas en cada uno de los sectores. La base de datos completa se muestra mediante hipervínculos.

Para acceder a los hipervínculos, en el menú *tools* se escoge la herramienta *hyperlink* mostrada en la figura 4.17. que al ubicarla sobre uno de los puntos de ruido aparecerá un mensaje que mostrará que ahí existe un hipervínculo.



Figura. 4.17. Menú *tools*, herramienta *hyperlink*

Al hacer click sobre el punto, un cuadro de diálogo se abrirá y le permitirá escoger cual de los hipervínculos desea abrir. En este caso, se adicionaron 2 hipervínculos. esto se puede observar en la figura 4.19

El primero contiene la base de datos completa del punto de medición seleccionado. Esta base de datos está realizada en el programa Microsoft Office Excel.

El segundo contiene las gráficas de tendencia de los tres índices de ruido más importantes como son L_{eq} , L_{pk} , L_{max} , tomados al azar para cada uno de los puntos mencionados.

Un ejemplo de lo expuesto anteriormente se muestra en la figura 4.18.

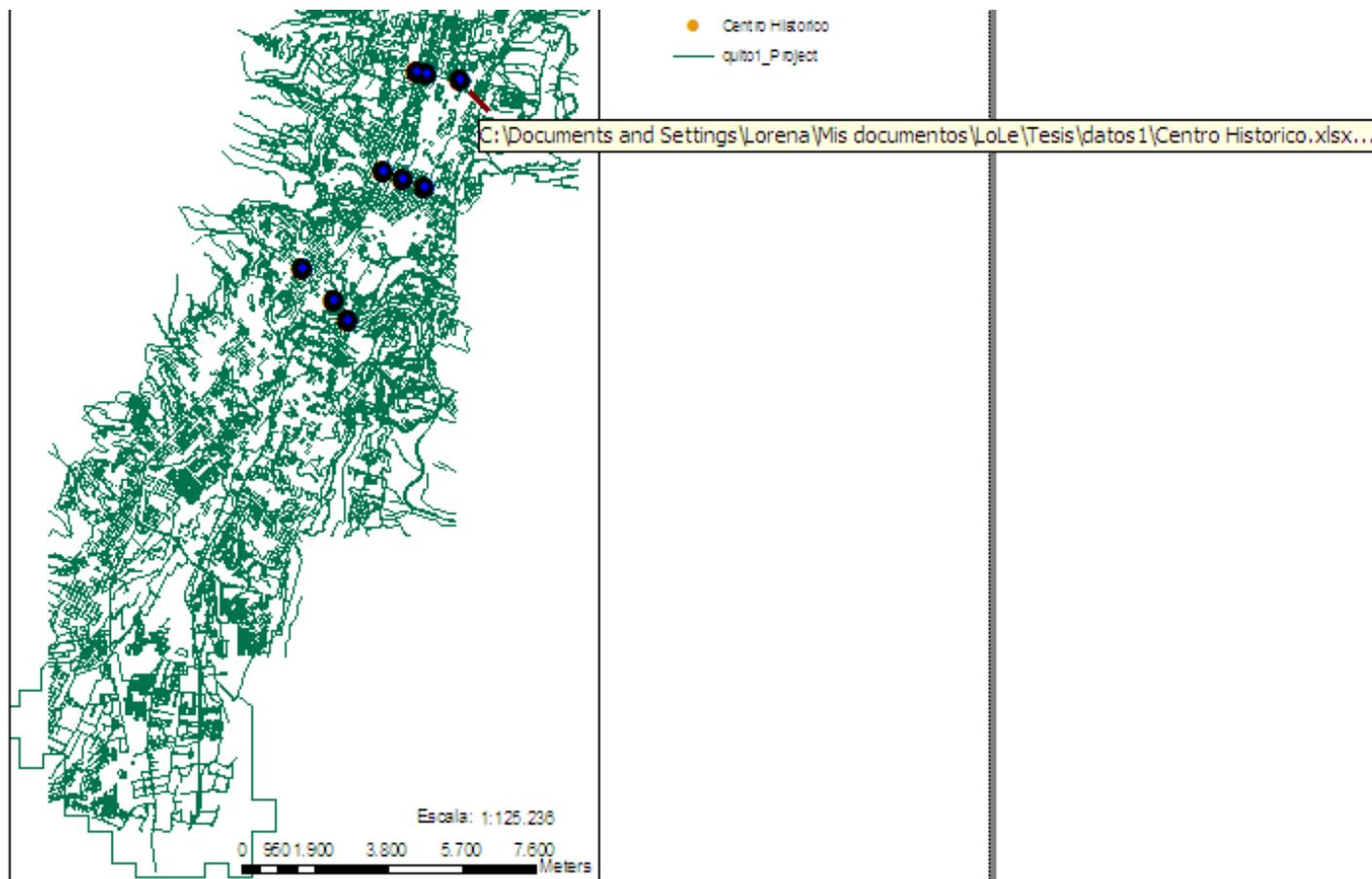


Figura. 4.18. Vista de hipervínculos en el mapa de Contaminación Acústica

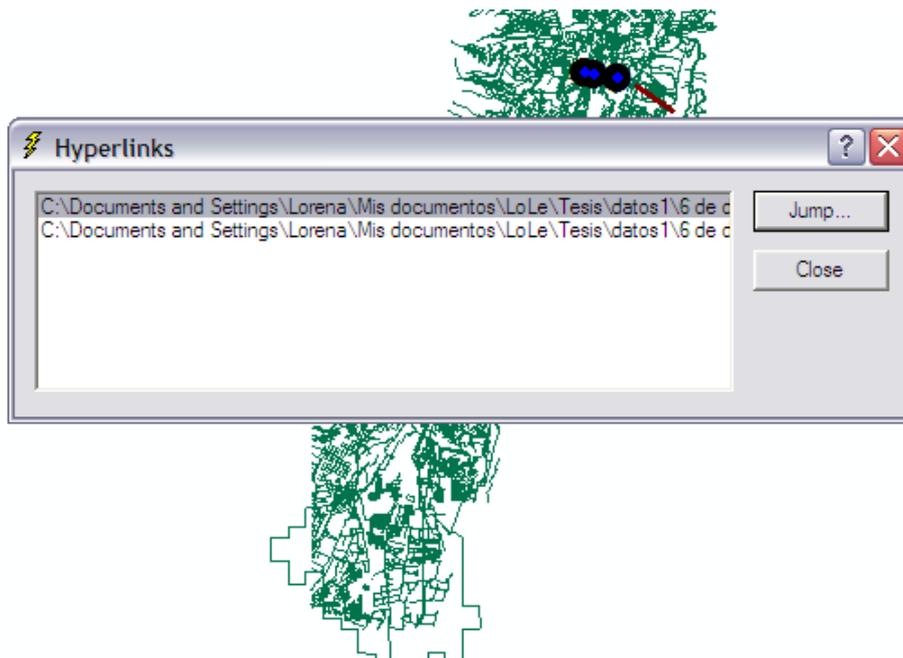


Figura. 4.19. Cuadro de diálogo para la selección de hipervínculos

Con esto, el Mapa de Contaminación Acústica de la ciudad de Quito planteado al inicio en los objetivos del presente proyecto ha sido finalizado.

4.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Para garantizar que la información mostrada en el Mapa de Contaminación Acústica elaborado se cortejará que los datos obtenidos en el capítulo anterior y los que se encuentran en la base de datos con los datos que se visualizan en el mapa.

Para esto, se va a tomar un dato al azar del mapa y se comparará con la base de datos.

El dato tomado es del día 18 de Agosto del 2009, en el sector de la Av. Cristóbal Colón y Amazonas, los datos del mapa se muestran en la figura 4.20.

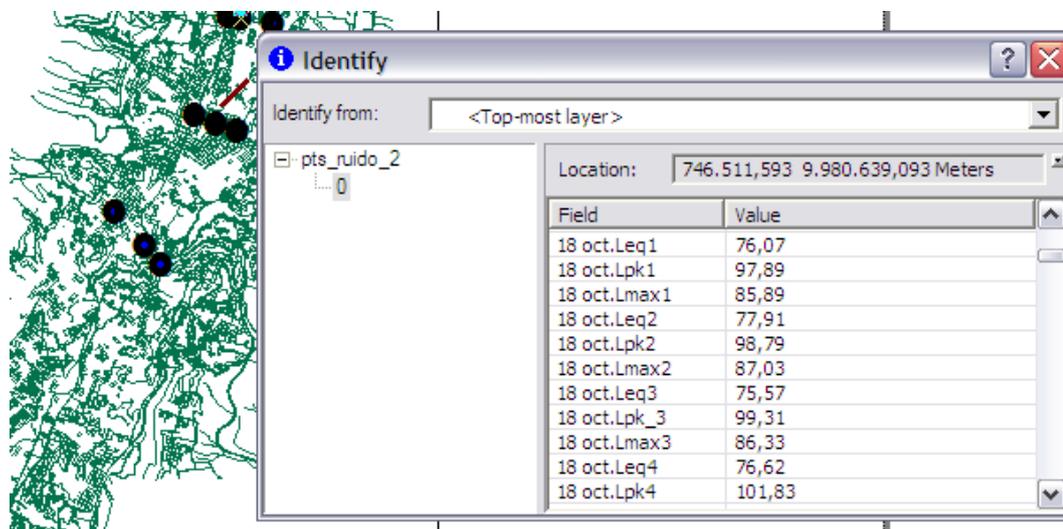


Figura. 4.20. Datos del mapa de contaminación acústica

Para poder comparar se han tomado las mediciones de la base de datos del sector seleccionado, estas se muestran en la tabla 4.1.

Agosto										
	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28
Mañana, medición 1 (7:00 - 9:00)										
Leq (dB)	76,53	76,07	75,95	74,85	76,24	76,07	75,62	74,2	76,77	75,67
Lpk (dB)	102,75	97,89	89,18	89,87	90,36	100,25	103,34	103,61	101,2	104,54
Lmax (dB)	83,29	85,89	66,9	68,44	66,83	87,47	85,89	86,61	88,52	86,95
Mañana, medición 2 (7:00 - 9:00)										
Leq (dB)	75,65	77,91	75,52	76,24	75,74	76,87	73,76	74,92	75,03	75,26
Lpk (dB)	99,85	98,79	100,08	99,88	101,07	102,38	102,82	105,57	99,71	102,7
Lmax (dB)	83,09	87,03	84,94	82,73	83,58	89,34	86,4	86,4	87,18	86,17
Tarde, medición 1 (12:00 - 14:00)										
Leq (dB)	86,76	75,57	74,92	75,14	77,2	77,32	73,48	74,5	75,48	74,82
Lpk (dB)	106,38	99,31	97,86	104,17	101,26	101,11	106,32	101,99	99,19	101,37
Lmax (dB)	93,82	86,33	84,99	83,9	89,09	88,88	88,86	87,69	86,69	87,84
Tarde, medición 2 (12:00 - 14:00)										
Leq (dB)	86,13	76,62	75,49	75,41	75,74	76,13	75,74	74,27	74,71	74,79
Lpk (dB)	105,34	101,83	98,16	101,75	99,83	98,49	102,55	104,31	98,97	102,08
Lmax (dB)	92,99	79,41	85,47	83,77	87,88	86,45	88,07	86,6	86,07	86,74
Noche, medición 1 (17:00 - 19:00)										
Leq (dB)	73,95	73,36	75,7	73,97	76,01	75,49	76,28	77,13	72,98	76,75
Lpk (dB)	102,06	73,36	98,77	102,88	99,35	100,14	100,7	101,46	72,98	76,75
Lmax (dB)	83,56	73,36	86,44	85,95	87,76	85,75	87,43	89,29	72,98	76,75
Noche, medición 2 (17:00 - 19:00)										
Leq (dB)	74,89	74	75,23	74,62	74,71	74,3	76,43	76,63	75,09	76,36
Lpk (dB)	105,33	74	97,79	102,68	100,17	98,52	99,6	102,29	75,09	76,36
Lmax (dB)	83,22	74	84,57	87,09	87,32	84,74	87,56	88,39	75,09	76,36

Tabla. 4.1. Tabla de datos del sector Av. Cristóbal Colón y Amazonas del 18 de Agosto del 2009

Como se pueden observar, los datos son los mismos, por lo tanto, la información que se encuentra disponible en el mapa de contaminación acústica es coherente y real.

4.4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA DISMINUCIÓN DE RUIDO ACÚSTICO

Existen muchas alternativas para la disminución de ruido acústico. La mayoría de ellas, si no es que en su totalidad, dependen de las autoridades correspondientes de las ciudades en donde esto se ha convertido en un verdadero problema para la humanidad y el medio ambiente.

Una alternativa es efectuar los acuerdos que sea pertinente para lograr que en los municipios se utilicen los resultados de los estudios de ruido para efectuar planificaciones territoriales que los tengan en cuenta y que las proyecciones planteadas respondan a las necesidades de protección ambiental y mínimos niveles de ruido organizando las actividades humanas en torno a parámetros permisibles de contaminación por ruido.

Restringir la circulación total o parcial en horas de la noche de vehículos pesados que puedan causar molestias ruidosas a la comunidad.

Señalar zonas en las que se apliquen restricciones horarias o por razón del tipo de actividad a las obras a realizar en la vía pública o en edificaciones.

La institución a la que le corresponda debe redactar un proyecto de obras de medidas correctoras y acometer los ajustes necesarios en sus planes y programas para determinar la exposición al ruido ambiental (mapas de ruidos) según métodos de evaluación comunes, así como poner a disposición de la población los datos sobre el ruido ambiental del entorno de las bases aéreas.

Que se adopte inmediatamente planes de acción "preventivos, reductores y reparadores" de los efectos adversos del ruido ambiental generado.

No se deje de lado el impacto sónico originado en las bases aéreas, y si es posible, se redefinan las operaciones de aproximación y despegue.

Considerar las actividades eventuales en cada una de las áreas que se consideran de mayor contaminación acústica basándose en los mapas de ruido realizados en campañas anteriores y determinar si la actividad supera los valores límite, tanto de emisión como de inmisión, o no cumple los objetivos de calidad correspondientes al área.

Que proteja las zonas tranquilas mediante un plan de acción conforme a un mapa de ruido, con la publicidad posible que permite la Ley de acceso a la información ambiental.

El Gobierno no debe estimar las disponibilidades presupuestarias como límite para luchar contra el ruido.

Se debe además realizar el control de tráfico para evitar las afecciones por ruido, especialmente en los lugares determinados con mayor contaminación acústica.

La Institución correspondiente debe aportar al público la información suficiente con la antelación apropiada sobre los eventos que organice y puedan producir

molestias o la alteración del normal discurrir de la vida ciudadana o vecinal, especialmente por motivos de contaminación acústica.

El desarrollo de una tecnología con baja emisión de ruido también sería una buena alternativa.

Finalmente, una de las más importantes es la concientización humana, no solo depende de las Autoridades, depende de cada uno de los ciudadanos habitantes de la ciudad de Quito que esta ciudad logró disminuir la contaminación acústica para beneficio propio y de la ciudad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos son totalmente aleatorios debido a que las condiciones en las que se han realizado las mediciones así como los sectores no tienen características similares y las circunstancias varían en el transcurso de la medición cada segundo.

Como se pueden observar en los resultados obtenidos, el valor de L_{pk} es el que registra como el más alto de los tres niveles de ruido básicos incluso superando al valor de L_{max} debido a que el valor L_{max} es un valor continuo durante toda la medición mientras que el valor L_{pk} es un valor instantáneo que se registra en el período de medición.

De acuerdo al análisis hecho en el capítulo III, el sector de la Av. Naciones Unidas y Av. Amazonas en el horario de 12:00 a 14:00 es en donde se presenta la mayor concentración de ruido acústico como se puede observar en la siguiente tabla, el valor de L_{eq} registra un porcentaje del 55,5% sobre la norma establecida.

Tiempo de medición	<u>Leq</u> (dB)	<u>Lpk</u> (dB)	<u>Lmax</u> (dB)	Porcentaje (%)
12:51:13	84,2	103,5	92,3	40,33
12:52:13	84,3	99,3	91,5	40,50
12:53:13	83,9	101,1	89,3	39,83
12:54:13	83,2	100,7	91,1	38,67
12:55:13	86,6	103,4	92,8	44,33
12:56:13	85,3	106,3	94,9	42,17
12:57:13	86,3	104,3	94,9	43,83
12:58:13	93,3	115,2	101,9	55,50
12:59:13	89,3	109,6	98	48,83
13:00:13	85,9	104,2	92,4	43,17

Todos los valores tomados de L_{eq} superan a la norma establecida ISO/1996-2 en la que está basado este estudio, por lo que se concluye que los sectores en los que se han realizado las mediciones están contaminados acústicamente y afectados por el ruido acústico.

Existen diferencias entre todas las mediciones realizadas, pero la diferencia más marcada es entre sectores. A pesar de que todos son sectores comerciales, el sector de La Marín y el Trébol tienen índices de ruido semejantes en cada una de las franjas de medición escogidas superando en algunos casos los 100 dB del valor L_{eq} .

Un mapa de ruido es la representación cartográfica de los niveles de presión sonora (ruido) existentes en una zona concreta y en un periodo de tiempo determinado.

Debido a que el software en el que el mapa fue elaborado no es de libre distribución, la aplicación realizada es sumamente básica.

La mayoría de software utilizados para la elaboración de mapas de ruido requieren similares requisitos para su elaboración, es decir, se necesita una base de datos y un mapa antes elaborados en otros softwares.

Los datos que se muestran en el mapa de contaminación acústica han sido vinculados cuidadosamente con lo que se puede concluir que la información es completamente confiable.

5.2. RECOMENDACIONES

Después de observar los resultados obtenidos del presente estudio, y cumpliendo con el último objetivo de plantear diversas alternativas orientadas a la disminución de la contaminación acústica, se recomienda realizar las siguientes acciones:

Programas de fiscalización y vigilancia.

Programas de fortalecimiento de la gestión ambiental local.

Prevención de la exposición de la población a niveles altos de ruido.

Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico.

Mayor exigencia con las tecnologías de los buses nuevos.

Prohibición del uso de bocinas de aire comprimido.

En forma cotidiana, fiscalizar, atender denuncias de la comunidad y controlar el cumplimiento de la normativa acústica referente al funcionamiento de empresas, industria y comercio.

Realizar frecuentes acciones de difusión en distintos medios, tales como la elaboración de artículos para periódicos comunales, notas de prensa a diarios de gran circulación, entrevistas radiales, elaboración de afiches, cartillas y circulares, etc., que permitan al público saber la forma de colaborar, cómo tiene que hacer las denuncias en caso de estar afectado, conocer los efectos del ruido en el hombre, etc.

Supervisar los procedimientos y el avance en el cumplimiento de las metas prefijadas, para poder corregir el rumbo o la oportunidad de las acciones durante su desarrollo.

Reducir el ruido en la fuente - de máquinas, motores, contacto de neumáticos y superficie, reducción de las velocidades y reducción del volumen de tráfico.

Limitar la transmisión del ruido colocando barreras entre la fuente y las personas afectadas.

Reducir el ruido en el punto de recepción, por ejemplo, a través del aislamiento de los ruidos en los edificios.

Hacer uso de revestimiento poroso a las calzadas de bajo nivel de ruido, estos revestimientos reducen la generación y la propagación del ruido a través de una serie de mecanismos que pueden estar relacionados con la estructura abierta de la capa superior.

Restringir la circulación total o parcial en horas de la noche de vehículos pesados que puedan causar molestias ruidosas a la comunidad.

Señalar zonas en las que se apliquen restricciones horarias o por razón del tipo de actividad a las obras a realizar en la vía pública o en edificaciones.

Señalar zonas o vías en las que no puedan circular determinadas clases de vehículos a motor o deban hacerlo con restricciones horarias o de velocidad.

Reorganizar el tráfico vehicular de acuerdo con las necesidades de las comunidades de tal manera que los niveles de ruido se minimicen.

Establecer campañas educativas orientadas hacia las comunidades, de tal manera que concienticen a la personas sobre la importancia de ejecutar sus actividades generando los mínimos niveles de ruido y de la importancia de dar mantenimiento adecuado a todas sus pertenencias, especialmente a aquellas que tienen partes en movimiento.

Efectuar los acuerdos que sea pertinente para lograr que en los municipios se utilicen los resultados de los estudios de ruido para efectuar planificaciones territoriales que los tengan en cuenta y que las proyecciones planteadas respondan a las necesidades de protección ambiental y mínimos niveles de ruido organizando las actividades humanas en torno a parámetros permisibles de contaminación por ruido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]_HAYKIN, Simon, Sistemas de Comunicación, tomo III, 2000, LIMUSA WILEY, 724.
- [2]_ <http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/teces/teces.html>, Técnicas de Medida.
- [3]_ <http://www.scribd.com/doc/12014247/Protocolo-de-Evaluacion-y-Diagnostico-de-Emision-e-Inmision-de-Ruido-en-Industria>, Protocolo de Evaluación y Diagnóstico de Emisión e Inmisión de Ruido en Industria.
- [4]_ <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/externo.pdf>, Mediciones de ruido en exteriores.
- [5]_ <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=371>, Medición de ruido en exteriores.
- [6]_ <http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>, Instrumentos de medida.
- [7]_ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/49/LIBRO%20VI%20Anexo%205%20Ruido.doc>, Limites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y FUENTES MÓVILES, y para vibraciones.
- [8]_ <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep.html>., GIS concepts and requirements.
- [9]_ <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3421/5/37389-5.pdf>
<http://www.unizar.es/aeipro/finder/MEDIO%20AMBIENTE/CC11.htm>,
<http://www.vecinos.com/ami1622>
<http://utcontamin.blogspot.es/1192045440/>
<http://es.contaminacionparaiso.wikia.com/wiki/Portada>
<http://seralguienenelmundo.blogspot.com/2009/04/la-contaminacion-ambiental.html>

<http://www.monografias.com/trabajos51/contaminacion-acustica/contaminacion-acustica.shtml>

<http://www.geocities.com/camussi/contamin1.html>

http://www.espaciologopedico.com/articulos2.php?Id_articulo=790

<http://www.taringa.net/posts/info/1282200/Contaminaci%C3%B3n-Ac%C3%A1stica-y-Salud.html>

http://www.familia.cl/naturaleza/contaminacion_acustica/acustica.htm

http://www.monfortedelcid.es/images/areas/fKAm15_contaminaci%C3%B3n%20ac%C3%A1stica.pdf

<http://www.planamanecer.com/portada/Actualidad%20%7C%20Noticias/content/modo/view/id/199/Itemid/7/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_ac%C3%A1stico

<http://www.newwebstar.com/noticias/31366-que-es-el-sonido.html>

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/teces/teces.html>

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>

<http://www.todoelderecho.com/Apuntes/Ambiental/Apuntes/CONTAMINACION%20SONORA.htm>

<http://www.slideshare.net/areaciencias/el-sonido-presentation>

<http://www.cepis.org.pe/bvsaia/e/fulltext/ruido/ruido.pdf>

<http://www.ruidos.org/Documentos/sonometros.html>

<http://www.artegijon.com/UserFiles/File/Toni/SONIDO/EI%20sonido.pdf>

<http://www.bksves.com/tbDoc/3566/BOE-29920%2016%20Dic.%201998-sonometros.pdf>

<http://www.gisiberica.com/sonometros/SONIDO.htm>

<http://www.elblogdelaprevencion.com/equipos-de-medida-del-ruido-sonometro/>

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/teces/teces.html>

http://www.acercar.org.co/industria/legislacion/atmosferico/ruido/pnruido_01112005.pdf

http://www.ibivirtual.com/web/ordenanza_ruidos.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Mapa_de_ruido

<http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/genes/genes.html>

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=205

<http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/genes/genes.html>

http://wiki.medialab-prado.es/index.php/Much_Ado_About_Nothing

INDICE DE FIGURAS

FIGURA. 1.1. FUENTES PRINCIPALES DE LOS NIVELES DE RUIDO URBANO GENÉRICO	6
FIGURA. 2.1. EJEMPLO DE FORMA DE ONDA DE RUIDO BLANCO	11
FIGURA. 2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ESTRUCTURA DE UN SONÓMETRO	28
FIGURA. 2.3. NIVELES DE PRESIÓN ACÚSTICA MEDIDOS EN UNA EXPERIENCIA, NIVELES PERCENTILES CORRESPONDIENTES A DICHA MEDIDA	31
FIGURA. 2.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DEFINIDOS CON MAYOR CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	35
FIGURA. 3.1. SECTOR DE MEDICIÓN AV. COLÓN Y AV. AMAZONAS.....	44
FIGURA. 3.2. IMAGEN DEL SECTOR AV. COLÓN Y AV. AMAZONAS	44
FIGURA. 3.3. SECTOR DE MEDICIÓN AV. COLÓN Y AV. 10 DE AGOSTO	45
FIGURA. 3.4. IMAGEN DEL SECTOR AV. COLÓN Y AV. 10 DE AGOSTO.....	45
FIGURA. 3.5. SECTOR DE MEDICIÓN AV. COLÓN Y AV. 6 DE DICIEMBRE.....	46
FIGURA. 3.6. IMAGEN DEL SECTOR AV. COLÓN Y AV. 6 DE DICIEMBRE	46
FIGURA. 3.7. SECTOR DE MEDICIÓN AV. NNUU Y AV. AMAZONAS.....	47
FIGURA. 3.8. IMAGEN DEL SECTOR AV. NNUU Y AV. AMAZONAS	47
FIGURA. 3.9. SECTOR DE MEDICIÓN AV. NNUU Y AV. 6 DE DICIEMBRE	48
FIGURA. 3.10. IMAGEN DEL SECTOR AV. NNUU Y AV. 6 DE DICIEMBRE.....	48
FIGURA. 3.11. SECTOR DE MEDICIÓN AV. NNUU Y AV. DE LOS SHYRIS.....	49
FIGURA. 3.12. IMAGEN DEL SECTOR AV. NNUU Y AV. DE LOS SHYRIS	49
FIGURA. 3.13. SECTOR DE MEDICIÓN EL TRÉBOL.....	50
FIGURA. 3.14. IMAGEN DEL SECTOR EL TRÉBOL	50
FIGURA. 3.15. SECTOR DE MEDICIÓN LA MARÍN (EL PLAYÓN).....	51
FIGURA. 3.16. IMAGEN DEL SECTOR LA MARÍN (EL PLAYÓN)	51
FIGURA. 3.17. SECTOR DE MEDICIÓN CENTRO HISTÓRICO (BENALCÁZAR Y CHILE)	52
FIGURA. 3.18. IMAGEN DEL SECTOR CENTRO HISTÓRICO (BENALCÁZAR Y CHILE)	52
FIGURA. 3.19. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	57

FIGURA. 3.20. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	58
FIGURA. 3.21. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	58
FIGURA. 3.22. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	59
FIGURA. 3.23. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	59
FIGURA. 3.24. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	60
FIGURA. 3.25. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	60
FIGURA. 3.26. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	61
FIGURA. 3.27. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	61
FIGURA. 3.28. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	62
FIGURA. 3.29. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	62
FIGURA. 3.30. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	63
FIGURA. 3.31. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	63
FIGURA. 3.32. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	64
FIGURA. 3.33. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	64
FIGURA. 3.34. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	65
FIGURA. 3.35. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	65
FIGURA. 3.36. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	66
FIGURA. 3.37. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	66
FIGURA. 3.38. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	67
FIGURA. 3.39. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	67
FIGURA. 3.40. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	68
FIGURA. 3.41. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	68
FIGURA. 3.42. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	69
FIGURA. 3.43. PANEL DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MEDICIÓN	69
FIGURA. 3.44. PANEL GENERAL DE DATOS OBTENIDOS.....	70
FIGURA. 3.45. LEQ, LPK, LMAX VS. TIEMPO DE MEDICIÓN	70
FIGURA. 4.1. CUADRO DE DIÁLOGO PARA INSERTAR INFORMACIÓN AL PROYECTO	87
FIGURA. 4.2. CAPAS CREADAS EN EL PROYECTO	88
FIGURA. 4.3. ASOCIACIÓN DE DATOS.....	89
FIGURA. 4.4. VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS	90
FIGURA. 4.5. PRIMER CAMPO DE LA VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS	90
FIGURA. 4.6. SEGUNDO CAMPO DE LA VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS.....	91
FIGURA. 4.7. TERCER CAMPO DE LA VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS.....	92
FIGURA. 4.8. CUARTO CAMPO DE LA VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS	93
FIGURA. 4.9. MENÚ <i>TOOLS</i> , HERRAMIENTA <i>IDENTIFY</i>	94

FIGURA. 4.10. MENÚ PARA INSERTAR HIPERVÍNCULOS	94
FIGURA. 4.11. CUARTO CAMPO DE LA VENTANA DE DIÁLOGO PARA LA ASOCIACIÓN DE DATOS	95
FIGURA. 4.12. MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA VISTO EN LA VENTANA DE EDICIÓN	96
FIGURA. 4.13. MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA COMPLETO	98
FIGURA. 4.14. PROCEDIMIENTO PARA OBSERVAR LA TABLA DE ATRIBUTOS	99
FIGURA. 4.15. TABLA DE DATOS COMPLETA	100
FIGURA. 4.16. TABLA DE DATOS COMPLETA	101
FIGURA. 4.17. MENÚ <i>TOOLS</i> , HERRAMIENTA <i>HYPERLINK</i>	102
FIGURA. 4.18. VISTA DE HIPERVÍNCULOS EN EL MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	104
FIGURA. 4.19. CUADRO DE DIÁLOGO PARA LA SELECCIÓN DE HIPERVÍNCULOS	105
FIGURA. 4.20. DATOS DEL MAPA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	106
TABLA. 4.1. TABLA DE DATOS DEL SECTOR AV. CRISTÓBAL COLÓN Y AMAZONAS DEL 18 DE AGOSTO DEL 2009.....	107

INDICE DE TABLAS

TABLA. 2.1. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS.....	19
TABLA 2.2. NIVELES PERMITIDOS DE RUIDO PARA AUTOMOTORES.....	21
TABLA. 2.3. HORARIO DE MEDICIÓN DE LA SEMANA DEL 17 AL 21 DE AGOSTO DEL 2009.....	38
TABLA. 2.4. HORARIO DE MEDICIÓN DE LA SEMANA DEL 24 AL 28 DE AGOSTO DEL 2009.....	39
TABLA. 2.5. HORARIO DE MEDICIÓN DE LA SEMANA DEL 7 AL 11 DE SEPTIEMBRE DEL 2009	40
TABLA. 3.1. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	72
TABLA. 3.2. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	72
TABLA. 3.3. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	73
TABLA. 3.4. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	73
TABLA. 3.5. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	74
TABLA. 3.6. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	74
TABLA. 3.7. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	75
TABLA. 3.8. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	75
TABLA. 3.9. VALORES LEQ, LPK, LMAX, OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	76
TABLA. 3.10. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	77
TABLA. 3.11. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	77
TABLA. 3.12. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	78
TABLA. 3.13. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	78
TABLA. 3.14. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	79
TABLA. 3.15. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	79
TABLA. 3.16. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	80
TABLA. 3.17. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	80
TABLA. 3.18. PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA	81
TABLA. 3.19. MÁXIMO PORCENTAJE EN EL QUE LEQ SOBREPASA LA NORMA.....	82

GLOSARIO

$P_A(t)$: nivel de presión sonora

L_{eq} : nivel sonoro continuo equivalente

NPS_{max} o L_{max} : nivel de presión sonora máximo

NPS_{min} o L_{min} : nivel de presión sonora mínimo

NPS_{peak} o L_{peak} : nivel de presión sonora pico

L_{10} : nivel percentil, indicativo de ruidos altos

L_{90} : nivel percentil, indicativo de ruidos bajos