

Informe Técnico de Residencia Profesional

Proyecto:

“Estudio del espectro en frecuencias generado por el ruido vehicular en Querétaro y la ciudad de México.”

Que presenta:

Rodolfo Omar Camacho Ledesma

Estudiante de la carrera:

Ingeniería en Mecatrónica

Asesor CENAM: Ing. Maricela Gamiño Galindo

Asesor ITQ: M.C. Martín Vega Terrazas

Periodo:

Marzo-Diciembre 2015

Resumen

Este documento detalla el procedimiento empleado para registrar los niveles de presión sonora existentes actualmente en las principales zonas y vialidades de la ciudad de Querétaro mediante el uso de instrumentos de medición de ruido, lo anterior se fundamenta en diferentes normas oficiales mexicanas y en modelos internacionales de predicción de ruido debido a que actualmente no existe un procedimiento como tal para efectuar dichas mediciones, un número determinado de muestras nos va a permitir analizar la información obtenida para determinar si las muestras recolectadas son suficientes para determinar cómo se encuentra cada zona.

En los últimos años la ciudad de Querétaro ha recibido un aumento en demandas por el exceso de ruido, lo anterior es consecuencia del crecimiento de zonas comerciales, habitacionales, industriales y viales que ha tenido la ciudad, por lo anterior es necesario realizar un nuevo estudio.

Palabras Clave

Amplitud: Cantidad de energía sonora expresada en dB.

Frecuencia: Numero de oscilaciones que presenta un sonido en el ambiente.

Espectro: Descomposición del sonido en frecuencias.

Niveles: Es un porcentaje de observación del sonido.

Ldn: Es un criterio de la comunidad internacional del ruido en el que se establece las horas que comprende el día, tarde y la noche.

Ruido: Sonido que las personas lo consideran molesto.

Índice General

Introducción	1
Capítulo I: Generalidades de la Empresa	
Razón social	2
Pertenece a un corporativo nacional	3
Giro de la organización	4
Tamaño de la empresa	5
Ubicación de la organización	6
Descripción del área en que se participó	7
Actividades encomendadas	8
Capítulo II: Descripción del proyecto	
Antecedentes	10
Planteamiento del problema	11
Objetivos generales y específicos	12
Justificación	13
Capítulo III: Marco Teórico	
Capítulo IV: Desarrollo del proyecto	15
Metodología de trabajo y materiales	16
Puntos y tiempos de medición	17
Tamaño de Muestra	18
Tiempos de medición	19
Distribución de las variables	20
Aleatoriedad	21
Repetición	22
Elaboración de calendario de medición	23
Configuración de equipos de medición	24
Lista de revisión	25
Algoritmo de medición	26
Softwares	27
Análisis de la información	28
Comentarios de Dr. Vicente González Juárez	29
Capítulo V: Resultados	

Capítulo VI: Competencias desarrolladas	1
Conclusiones y recomendaciones	2
Bibliografía	3
Anexo A	4
Anexo B	5
Anexo C	6
Anexo D	7
Anexo E	8

Relación de fórmulas, gráficos, tablas y figuras.

Índice de Formulas	1
Formula 1: Calculo del NPA instantáneo	2
Formula 2: Calculo de nivel sonoro equivalente	3
Formula 3: Calculo del nivel sonoro en medición	4
Formula 4: Calculo del nivel de NPA por banda	5
Formula 5: Calculo del nivel de exposición al ruido	6
Formula 6: Calculo del TMPE	7
Formula 7: Calculo del factor reducción	8
Formula 8: Calculo del factor reducción por banda	9
Índice de graficas	10
Grafica 1: Curvas de los filtros de ponderación	11
Grafica 2: Distribución de los puntos por día	12
Grafica 3: Espectro de frecuencias por minuto	13
Grafica 4: Espectro total de la medición	14
Grafica 5: Muestras de ruido instantáneas	15
Grafica 6: Comportamiento del viento y temperatura.	16
Índice de Figuras	18
Figura 1: Concentrado Aleatorio	19
Figura 2: Agrupaciones	20
Figura 3: Calendario Semanal	21
Figura 4: Sonómetro	22
Figura 5: Calibrador acústico	23
Figura 6: Anemómetro Kestrel	24
Figura 7: Lista de revisión	25
Figura 8: Diagrama de flujo procedimiento	26
Figura 9: Interfaz de Kestrel Communicator	27
Figura 10: Registros Kestrel por minuto	89
Figura 11: Cámara LifeCam	89
Figura 12: Distribución por mes	89
Figura 13: Ubicación Geográfica	89

Figura 14: Ocasus (Zona Comercial)	89
Figura 15: Avenida 5 de febrero (Zona de trafico)	89
Figura 16: Col. Loma Dorada (Zona Habitacional Interior).	89
Figura 17: Col. San Joaquín (Zona Habitacional Exterior).	89

Introducción

A lo largo del desarrollo del proyecto “Estudio del espectro en frecuencias generado por el ruido vehicular en Querétaro y la ciudad de México.”, para obtener los niveles de ruido actuales que hay presentes en las principales zonas comerciales, zonas de tráfico, zonas habitacionales y zonas industriales en la ciudad de Querétaro, es necesario proponer una buena logística basada en técnicas de muestreo debido a que el número de mediciones que se realice por punto debe cumplir con ciertos criterios que se describen a lo largo de este proyecto, lo anterior con el objetivo de que las mediciones no se concentren solo en algunos puntos de medición y por lo tanto se pueda considerar como una medición aleatoria.

Una de las características más importantes en el proceso de recolección de muestras de ruido en esta investigación tiene que ver con el uso adecuado del equipo de medición (sonómetros, calibradores acústicos, micrófonos, filtro de tercia de octava entre otros), para ello existen normas ambientales mexicanas y modelos de predicción de ruido los cuales proporcionan una idea para establecer la metodología más adecuada para llevar a cabo las mediciones.

Para analizar la problemática que ocasiona el ruido es necesario mencionar sus causas, una de ellas y la más importante es la ocasionada por el ruido vehicular, esto es consecuencia al crecimiento acelerado que ha tenido la ciudad tanto el sector industrial como en el poblacional en los últimos 10 años, lo anterior tiene como consecuencia afectaciones a la salud como estrés, hipertensión, irritabilidad, insomnio y la más importante la pérdida de la audición, por lo cual analizar la amplitud del ruido por su espectro de frecuencias y en ancho de banda (en todas las frecuencias) nos va a proporcionar la información necesaria para determinar que tanto ha aumentado el ruido en las principales zonas de la ciudad en los últimos años.

Capítulo I

Generalidades de la empresa

Nombre o razón social:

Centro Nacional de Metrología

Pertenece a un corporativo nacional:

No

Giro de la organización:

Servicios de Metrología

Tamaño de la empresa:

Grande

Ubicación de la organización:

Km. 4.5 Carretera a Los Cués, El Marqués Qro.

C. P: 76246

Fax: 442-2-11-05-98

Teléfono: 442-2-11-05-00

Descripción del área en que se participó

Tiene a su cargo los patrones nacionales de aceleración y de acústica que, a través de las diferentes cadenas de diseminación, tienen impacto en mediciones que repercuten en la productividad de la planta industrial y en otros campos de actividad, como el comercio, la salud, la seguridad y la higiene en la sociedad. Para ilustrar la variedad de aplicaciones de estas mediciones es posible mencionar como ejemplo la vibración en automóviles y camiones, la vibración de edificios y sismología, las pruebas no destructivas por ultrasonido, la calidad acústica de equipos de audio, los niveles de presión acústica (ruido) en lugares de trabajo y en áreas urbanas y los niveles de sensibilidad auditiva.

Actividades encomendadas

A continuación se presenta las actividades asignadas por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) en el proyecto a realizar durante el periodo Marzo-Diciembre 2015 dentro de sus instalaciones.

- Estudiar las bases de acústica e instrumentación para medición de ruido.
- Establecer protocolo de medición, agendar mediciones de acuerdo a los puntos y horarios establecidos.
- Realizar mediciones de acuerdo a agenda establecida.
- Realizar un análisis de datos de las muestras obtenidas.

Capítulo II

Antecedentes

En 2013, ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en el marco de la convocatoria PDCPN2013-01 del Programa de Problemas Nacionales, bajo la demanda de Movimientos y Asentamientos humanos, se planteó el proyecto “Investigación y evaluación del efecto de contaminación por ruido en viviendas de México”, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México. Dentro de este proyecto la primera fase consistirá en obtener los niveles de presión sonora y su característica espectral, para generar los modelos del ruido en las viviendas típicas, tanto dentro de la misma vivienda como por agentes externos como autos, camiones etc. En la ciudad de Querétaro.

A nivel internacional existen una gran cantidad de modelos de predicción de ruido vehicular entre los que destacan:

RSL90: Modelo de Alemania que predice y/o calcula el nivel de emisión de ruido (LME), se basa en una distancia $d=25\text{m}$ desde el centro de un carril de carretera hasta el receptor, el nivel de ruido que se calcula con este modelo toma en consideración la cantidad de vehículos que pasan por hora la cual se denomina con la letra Q y toma en cuenta el porcentaje de carros pesados que pasan a una velocidad de 100 km/h (Acústica medioambiental.Vol. II:Robert Bartí Domingo).

Modelo FHWA: Modelo de Estados Unidos que predice el Leq 1 hora con ponderación A para un flujo de vehículos que circula a velocidad constante entre 50 Km/hora y 100 Km/hora a lo largo de una carretera infinitamente larga y recta, además de que se basa a una distancia $d=15\text{ m}$ y en una serie de ajustes del sonido de referencia (Federal Highway Administration).

Modelo NMPB- Routes-2008: Modelo se basa el trayecto de propagación de nivel de presión generado por la fuente S en una distancia D del receptor R en condiciones de propagación C (Meteorológico) además de que existen varios caminos entre una fuente y el receptor. En este modelo se consideran dos tipos de condiciones meteorológicas uno es el homogéneo y el otro el de baja refracción (Academia.edu).

Modelo Harmonoise: Modelo para la predicción de ruido ambiental generado por carreteras y vías férreas, las fuentes como las vías férreas y carreteras son descritas como mecanismos de generación de ruido por separado es decir en el caso de un vehículo encontramos que las dos fuentes el ruido por rodadura (neumáticos) y el ruido de propulsión (motor) ambos se describen en función de la frecuencia y la velocidad (ScienceDirect).

Investigación de ruido CENAM 1999

El Centro Nacional de Metrología (CENAM) en marzo de 1999 realizó un estudio que tiene por título “Medición de ruido vehicular en Querétaro” para obtener los niveles promedio de presión acústica en diferentes puntos de la ciudad Querétaro, en aquella ocasión se propusieron diecisiete puntos por parte del departamento de ecología y de los cuales se seleccionaron trece puntos para llevar a cabo dicho estudio, los puntos seleccionados fueron:

Zona centro (Zcentro):

- C-1 Plaza jardín Guerrero
- C-2 Zaragoza esq. Ezequiel Montes
- C-3 Zaragoza esq. Pasteur*
- C-4 Av. Universidad esq. Prolongación Corregidora
- C-5 Laborcilla - Corregidora Norte

Zona periferia (Zperiferia):

- P-1 Av. 5 de Febrero esq. Universidad
- P-2 Av. 5 de Febrero y Col. Obrera
- P-3 Av. 5 de Febrero esq. Zaragoza
- P-4 Crucero Bernardo Quintana y Constituyentes
- P-5 Autopista México-Querétaro y Pasteur

Zona aledaña a la periferia (Zaledaña):

- A-1 Central de Abastos
- A-2 Aduana TFM
- A-3 Av. Revolución y Acceso 3

Los horarios en los cuales se realizaron las mediciones fueron los siguientes:

- Primer Medición: 8:00 a 10:00
- Segunda Medición: 13:00 a 15:00
- Tercer Medición: 17:00 a 19:00

El equipo empleado para llevar a cabo las mediciones se observa en la tabla 1:

Instrumento	Marca	Modelo	No. de serie
Analizador de señal en tiempo real	Brüel & Kjær	2144	1809019
Micrófono	Norsonic	1220	15936
Preamplificador	Norsonic	1201	15900
Calibrador acústico	Brüel & Kjær	4231	1807457
Tripie	Manfrotto		055CB/CK05
Medidor de temperatura y humedad relativa		HTAB-176	9717
Pantalla de viento para micrófono.			

Tabla 1: Equipo de medición

Planteamiento del problema

El ruido es un contaminante ambiental que afecta a las personas, este ruido o sonido produce una sensación molesta, es necesario mencionar que el ruido por sí solo no provoca alteraciones pero en medida que la exposición a este sea en niveles altos y por tiempos prolongados entonces si se presentan afectaciones a la salud, además la interpretación al ruido depende en gran medida de la actitud de las personas que tengan hacia él.

Actualmente el aumento de la movilidad y el gran desarrollo de zonas comerciales, zonas industriales y zonas habitacionales en la ciudad de Querétaro han generado un exceso de ruido en el entorno, donde la principal fuente de ruido más molesta es el vehicular, todo lo anterior afecta las condiciones normales del ambiente provocando a sus habitantes afectaciones físicas y afectaciones psicológicas como las siguientes:

- **Afectaciones físicas:** presión arterial, modificaciones en el ritmo circulatorio, tensión muscular, agudeza de visión, dolor de cabeza, zumbido de oídos entre otros.
- **Afectaciones psicológicas:** mala memoria, falta de atención, irritabilidad, estrés, trastornos de sueño entre otros.

Por lo tanto la interpretación del sonido en la ciudad de Querétaro va a depender de la cantidad de energía sonora, tiempo de exposición, características del sonido, de las diferentes fuentes de ruido, de la actividad del receptor, del volumen vehicular y de los tipos de vehículos que se presenten en las principales vías y zonas de la ciudad.

En concreto la problemática a analizar con esta investigación se plantea en la siguiente pregunta:

¿Son aceptables los niveles de presión sonora actuales emitidos por las diferentes fuentes de ruido para los pobladores de la ciudad de Querétaro?

Objetivos generales y específicos

Objetivo General

Obtener los niveles de presión sonora, espectros de frecuencias y condiciones meteorológicas en diversos puntos de la ciudad de Querétaro mediante mediciones acústicas, los puntos a medir van a considerar zonas comerciales, zonas industriales, zonas habitacionales y zonas de tráfico.

Objetivos específicos

- Recaudar información sobre conceptos de generación de ondas acústicas y principales fuentes de ruido.
- Recaudar información de artículos sobre modelos internacionales para la predicción de ruido.
- Recaudar información de artículos sobre el ruido en México.
- Recaudar información de zonas críticas de ruido en la ciudad de Querétaro y proponer 20 puntos de medición.
- Establecer los horarios de medición.
- Establecer el número de mediciones.
- Establecer los turnos y días de medición.
- Realizar un protocolo de medición.
- Realizar la agenda de medición.
- Leer manual del Sonómetro 2250 y configurar el equipo para obtener el L_{eq} , L_{min} , L_{max} y espectro en ponderación A y Z.
- Conocer los parámetros de registro de niveles de presión sonora por medio del uso del Sonómetro con filtro y micrófono montado, y con el calibrador acústico multifunciones.
- Leer manual de anemómetro Kestrel.
- Configurar anemómetro para leer y guardar las diferentes variables meteorológicas (presión, temperatura, altitud, velocidad del viento, entre otros).
- Realizar lista de revisión para el proceso de medición.
- Configurar Laptop y cámara web para capturar video en formato HD durante las mediciones.
- Realizar mediciones de ruido en los puntos de medición seleccionados y siguiendo la agenda establecida.
- Utilizar una herramienta de software que permita obtener el análisis y modelo del ruido

Justificación

Este proyecto surge de la necesidad de conocer cómo se encuentran los niveles de ruido actualmente en la ciudad, qué características tiene el ruido a evaluar y si los niveles a evaluar rebasan el límite contemplado por las normas oficiales mexicanas, por ello el realizar mediciones de ruido en la ciudad de Querétaro en varios puntos y horarios definidos permitirá caracterizar el ruido en la ciudad a las condiciones actuales, conociendo cuales son las componentes principales del ruido para plantearse la posibilidad de reducirlo. Este estudio nos servirá también como punto de comparación respecto al “mapa de ruido” obtenido en 1999 durante el proyecto “Medición de ruido vehicular en Querétaro”.

Es necesario mencionar que el oído de las personas cuando perciben un ruido lo interpretan de manera diferente, esto se debe a que el ruido depende principalmente de la frecuencia y de la amplitud, por ello es indispensable realizar un nuevo estudio para conocer las características del ruido que nos rodea actualmente y así poder determinar que tanto ha cambiado nuestro entorno en los últimos 15 años.

Esta investigación también pretende hacer conciencia en los habitantes de la ciudad ya que el ruido como elemento de contaminación ambiental es un problema de salud pública que no se le ha dado la importancia que se le debería, esto es consecuencia a la falta de información que tienen los habitantes respecto a él, una gran cantidad de personas ya están acostumbrados al ruido por lo cual no consideran los daños que este puede ocasionar a la salud.

Capítulo III Marco Teórico

La metodología para la medición de ruido, los parámetros que se registran en el equipo de medición y la terminología empleada que se menciona a lo largo de este proyecto se basa principalmente en normas (por ejemplo las NOM).

La NOM-081-SEMARNAT-1994 (profepa): establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de una fuente fija y el método de medición, los horarios límites permisibles para que una fuente opere a determinada presión sonora es la establecida por la tabla 2:

Día	Noche
De 6:00 a 22:00 68 dB	De 22:00 A 6:00 65 dB

Tabla 2: Límites máximos permisibles para una fuente de ruido.

Esta norma también nos proporciona fórmulas con las cuales podemos calcular parámetros de ruido mismos que registra el sonómetro, en la tabla 3 podemos observar las principales magnitudes:

Magnitud	Abreviatura	Unidad
Nivel de presión acústica	NPA	dB
Nivel sonoro "A"	NS _A	dB(A)
Nivel sonoro continuo equivalente "A"	NSCE _{A,T}	dB(A)
Periodo de Observación	T	Seg.
Nivel fluctuante Instantáneo	N	dB
Tiempo máx. permisible de exposición al ruido	TMPE	Horas
Nivel de exposición al ruido	NER	dB(A)

Tabla 3: Magnitudes

El nivel de presión acústica se calcula por medio de la fórmula 1:

$$NPA = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Formula 1: Calculo del NPA instantáneo

Si la medición a realizar se realiza de manera continua y por medio de un sonómetro con funcionalidad integrador, el nivel sonoro continuo equivalente del periodo de observación se calcula por medio de la siguiente fórmula 2:

$$Neq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{N}{10}} dt$$

Formula 2: Calculo de nivel sonoro equivalente.

Si la medición a realizar se efectúa de manera semi-continua se calcula el N_{eq} de la siguiente forma:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}}$$

Formula 3: Calculo del nivel sonoro en medición.

La NOM-011-STPS (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL: Diario oficial) : establece las condiciones de seguridad e higiene que debe de tener los centros de trabajo donde se genere ruido, entre las condiciones de seguridad e higiene se tiene que el tiempo de exposición por parte de un trabajador debe cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la tabla 4.

NER	TMPE
90dB(A)	8 Horas
93dB(A)	4 Horas
96dB(A)	2 Horas
99dB(A)	1 Hora
102dB(A)	30 Minutos
105dB(A)	15 Minutos

Tabla 4: Límites máximos permisibles de exposición

El nivel de presión acústica promedio por banda y el nivel de exposición al ruido se calcula mediante la fórmula 4 y 5:

$$NPA_i = 10 \log \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} 10^{\frac{NPA_j}{10}}$$

Formula 4: Calculo del nivel de NPA por banda

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{NSCE_{A,T,i}}{10}} - 10 \log T_e$$

Formula 5: Calculo del nivel de exposición al ruido

El cálculo del tiempo máximo permisible para una persona o grupo de personas en una jornada de 8 horas se calcula mediante la fórmula 6:

$$TMPE = \frac{8}{2^{\frac{NER-90}{3}}}$$

Formula 6: Calculo del TMPE.

Diseño de experimentos

Es una metodología estadística destinada a la planificación de y análisis de un experimento, por “experimento” se refiere a la creación y preparación de lotes de prueba que verifiquen la validez de las hipótesis establecidas sobre las causas de un determinado problema o defecto, objeto de estudio. Donde el experimentador altera deliberadamente los datos que recoge.

Algunos de los conceptos usados en diseño de experimentos son los siguientes:

- **Variables cualitativas:** Son aquellas cuyos valores, de carácter nominal, sólo pueden ser comparados como diferentes entre sí.
- **Variables continuas:** Son aquellas cuyos valores, de carácter numérico, permiten realizar un mayor número de comparaciones. Una variable continua permite teóricamente, un infinito número de valores entre dos valores consecutivos. (En la realidad la precisión de los instrumentos de medida pone un límite operativo).
- **Sujeto:** Es la unidad básica sobre la cual se aplica el proceso de medición.
- **Observación:** Una observación es una toma de medida de una variable y consta entonces de un valor de la misma. Dependiendo del tipo de Diseño, las observaciones pueden tomarse a diferentes sujetos o al mismo sujeto de manera secuencial.
- **Variable independiente:** Es el factor (causa) que su ponemos influye sobre la característica que medimos (defecto, error, etc.). Para comprobar su influencia, el investigador la manipulará durante el Experimento, en el sentido que le asignará valores diferentes a cada observación.
- **Variable dependiente:** Es aquella variable que se mide en cada observación del Experimento, para establecer si la variable independiente efectivamente influye sobre sus valores.
- **Variables extrañas:** Son todas aquellas que el investigador no puede manipular, pero influyen en la variable dependiente. Son la causa de que las observaciones en un mismo nivel de tratamiento no necesariamente arrojen el mismo valor de medida.
- **Variable de bloqueo:** Es una variable que sabemos puede intervenir en los niveles de la variable dependiente y decidimos eliminar su influencia mediante el control de la misma, creando bloques de observaciones, en los que esta variable, asume respectivamente un valor constante. A cada bloque se asignarán todos los niveles de tratamiento.

En diseño de experimentos se emplean diferentes métodos de muestreo entre las que destacan:

- **Repetición:** Reiteración de una observación o medida al mismo nivel de tratamiento. Proporciona una oportunidad para que los efectos de las variables extrañas, incontroladas se compensen y permite, además, medir el error experimental.
- **Aleatorización:** Técnica utilizada para reducir la influencia no predeterminable de variables extrañas sobre los resultados del Experimento.

La aleatorización consiste en asignar los sujetos a los distintos niveles de tratamiento al azar, con la esperanza de que los efectos extraños se contrarresten entre los distintos sujetos y observaciones que componen cada nivel de tratamiento (condición experimental).

La aleatorización es fundamental en el Diseño de Experimentos ya que:

- a) Previene la existencia de sesgo.
- b) Evita la dependencia entre observaciones.
- c) Confirma la adecuación de los procedimientos estadísticos para el análisis de los resultados del Experimento.

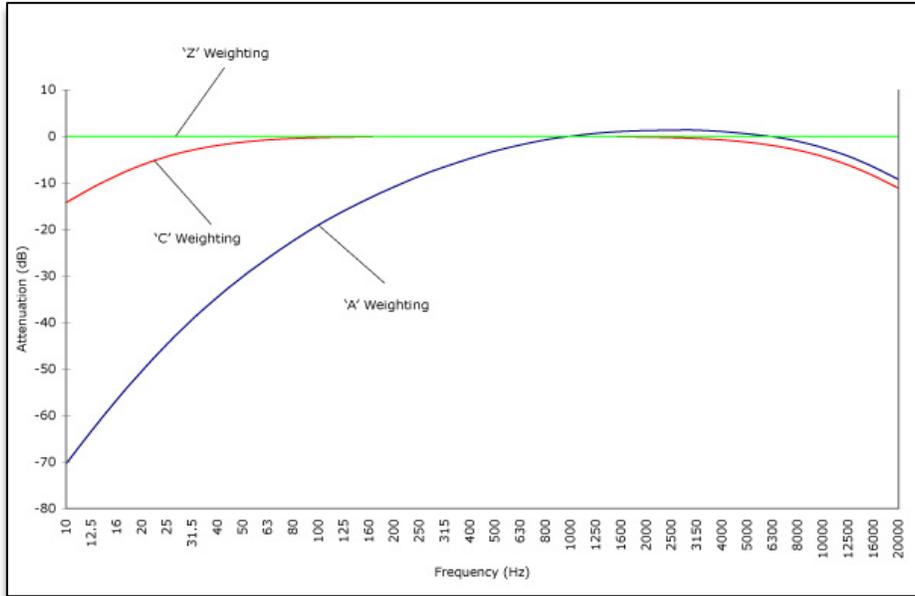
Filtro en ponderación

La curva de ponderación 'A' es la empleada por el sonómetro para medir niveles de amplitud en frecuencias audibles, este filtro es diseñado para reflejar la respuesta al ruido del oído humano, la cual no es muy sensible a frecuencias bajas y altas, pero sí lo es entre 500 Hz y 6 kHz así cubriendo el rango de frecuencias de del oído humano que va de los 20 Hz a 20khz.

La IEC 61672:2003 (BS EN 61672-1:2003) especifica las tolerancias que se aplican para cada una de las curvas de ponderación de frecuencia, en la tabla 4 y 5 se observa las tolerancias antes mencionadas y las curvas de ponderación:

Frequency (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
<i>A-weighting (dB)</i>	- 26.2	- 16.1	- 8.6	- 3.2	0	+ 1.2	+ 1.0	- 1.1	- 6.6
<i>C-weighting (dB)</i>	- 0.8	- 0.2	0	0	0	- 0.2	- 0.8	- 3.0	- 8.5
<i>Z-weighting (dB)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5: Tolerancias de ponderación (Figuroa, 1997).



Gráfica 1: Curvas de los filtros de ponderación

Guías de ruido

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda los niveles de amplitud de ruido que deben tener aproximadamente cada ambiente, a esto se le conoce como guías de ruido, en la tabla 6 se muestran algunas:

Ambiente específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	L _{Aeq} [dBA]	Base de tiempo [h]	L _{AFmáx} [dBA]
Exteriores de zona de viviendas	Sería molestia, de día y al atardecer	55	16	-
	Molestia moderada, de día y al atardecer	50	16	-
Interior de vivienda	Inteligibilidad de la palabra y molestia moderada, de día y al atardecer	35	16	-
Interior dormitorios	Perturbación del sueño, de noche	30	8	45
Exterior dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores exteriores)	45	8	60
Aulas escolares y preescolares, interior	Inteligibilidad de la palabra, perturbación de la extracción de información, y la comunicación de mensajes	35	Durante las clases	-
Dormitorios preescolares, interior	Perturbación del sueño	30	En horas de sueño	45
Patio de recreo escolar, exterior	Molestia (fuentes externas)	55	Durante los juegos	-
Hospital, dormitorios de guardia, interior	Perturbación del sueño, de noche	30	8	40
	Perturbación del sueño, de día y atardecer	30	16	-
Hospitales, habitaciones, interior	Interferencia con el descanso y la recuperación	Lo menor posible		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interior y exterior	Daño auditivo	70	24	110
Ceremonias, festivales y actos de entretenimiento	Daño auditivo (concurrentes: < 5 veces por año)	100	4	110
Sistemas públicos de refuerzo sonoro, exteriores e interiores	Daño auditivo	85	1	110
Música y otros sonidos a través de auriculares	Daño auditivo (valor de campo libre)	85 ⁽²⁾	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, pirotecnia y armas de fuego	Daño auditivo (adultos)	-	-	140 ⁽¹⁾
	Daño auditivo (niños)	-	-	120 ⁽¹⁾

Tabla 6: Guías de ruido en diferentes ambientes

Capítulo IV

Desarrollo del proyecto

Metodología

Actualmente no existe una metodología en específico para realizar mediciones de ruido vehicular en el país, sin embargo se tuvo que intuir una en base a conceptos fundamentales que son mencionados tanto en normas oficiales mexicanas, normas ISO y modelos de predicción de ruido.

Materiales

- Sonómetro 2250 Brüel & Kjær.
- Calibrador acústico 4231 Brüel & Kjae.
- Transductor 4189 2616323 de la marca Brüel & Kjae.
- Cámara Web LifeCam.
- Pantalla contra vientos.
- Tripie ajustable.
- Anemómetro Kestrel.
- Software BZ-5503 de Brüel & Kjae.
- Software Kestrel Communicator.
- Veleta Kestrel
- Kestrel interfaz
- Lista de revisión.
- Excel.
- Google Earth.

Puntos y tiempos de medición

Plantear posibles lugares de estudio: Tomando en cuenta los lugares de medición de ruido seleccionados en el estudio de marzo de 1999, se decidió elegir puntos representativos de aquel estudio para esta nueva investigación, otros puntos también fueron seleccionados pero tomando en cuenta los lugares con mayor quejas o demandas por ruido.

Limitar lugares de estudio: Este nuevo estudio se basa principalmente en obtener las características del ruido en diferentes zonas se decidió medir en zonas comerciales, zonas habitacionales (exterior e interior) y zonas industriales.

Determinar distancias: Debido a que este estudio es solo en la ciudad de Querétaro y considerando los recursos de tiempo y traslado, se decidió utilizar el software Google Earth para colocar los posibles puntos de medición y determinar si son posibles de medir.

Tamaño de la muestra: Se decidió recolectar muestras de ruido en 20 puntos de la ciudad, lo anterior se basa en normas oficiales como la NOM-081 y la NOM-011 que recomienda medir en 5 puntos dentro de cada zona crítica de medición y debido a que tenemos 4 zonas críticas de medición se determinó que en total tendría 20 puntos de evaluación (concyteq), a continuación se presenta los puntos seleccionados:

- **Zona de tráfico :**

PT1: Avenida Revolución y acceso 4 frente col. Insurgentes (P16).

PT2: Autopista México-Querétaro esquina Pasteur (P17).

PT3: Av. 5 de Febrero esquina Calle Coahuila en colonia obrera (P18).

PT4: Bernardo Quintana sur en frente del Parque Querétaro 2000 (P19).

PT5: Av. Universidad esq. Prolongación Corregidora (P20).

- **Zona comercial** (Grupo Multimedia Lauman, SAPI de CV):

PC1: Plaza galerías en avenida 5 de febrero (P1).

PC2: Fraccionamiento industrial pedrito en avenida peñuelas (P2).

PC3: De San pedro esquina con San Joaquín en Mercado de abastos (P3).

PC4: Prolongación Corregidora frente al Ocasus (P4).

PC5: Monumento a la corregidora (P20).

- **Zona habitacional (Exterior):**

PE1: Col. Carretas avenida la acordada y calle salto del agua (P6).

PE2: Calzada de los Arcos frente calle las Margaritas (P7).

PE3: Calle San Diego de los padres esquina con Pasteur (P8).

PE4: Colonia Cimatario por constituyentes (P9).

PE5: Fraccionamiento San Joaquín en la calle San Joaquín (P10).

- **Zona habitacional (Interior):**

PH1: Col. Obrera lateral con Bernardo Quintana (P11).

PH2: Col. Loma Dorada departamento 3C (P12).

PH3: Col. Virreyes (P13).

PH4: Fraccionamiento San Joaquín en la calle San Joaquín no. 35 (P14).

PH5: Loma de la Cañada (P15).

Tiempos de medición: La elección de los tiempos para las mediciones de ruido se basa principalmente en los turnos de la medida Lden (mañana, tarde y noche) y tomando en cuenta que cada medición puede llevar un tiempo de 2 a 2.5 horas (debido al tiempo de la medición más los tiempos de traslado) cada uno de los turnos quedo como se muestra en la tabla 7:

00h30 a 02h29
02h30 a 04h30
04h30 a 06h59
07h00 a 09h29
09h30 a 11h59
12h00 a 14h29
14h30 a 16h59
17h00 a 18h59
19h00 a 21h59
22h00 a 00h29

Tabla 7: Horarios de medición

El tiempo de recolección de ruido es de una hora tomando registros de espectros y banda ancha cada minuto. Por cuestiones de seguridad tanto del personal como del equipo de medición se determinó que las mediciones que estén entre las 00h30 a 06h59 no se llevaran a cabo.

Distribución de las variables

Una vez que se establecieron los puntos de medición, los horarios de medición y el número de muestras por zona, se procedió a elaborar una distribución para posteriormente elaborar el calendario de medición bajo la premisa de obtener 160 observaciones en el turno matutino, 40 observaciones en el turno vespertino y 120 observaciones en el turno nocturno, sin embargo para poder llevar a cabo la distribución bajo los requerimientos establecidos fue necesario emplear alguna de las técnicas de muestreo utilizadas en diseño de experimentos (ya sea aleatoriedad y/o repetitividad).

Antes de emplear alguna de las técnicas de muestreo fue necesario identificar a nuestras variables:

Variables Cualitativas: Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado y Domingo.

Nota: Estas variables posteriormente pasaron a ser variables continuas debido a que cada día se le etiquetó con un número para su identificación.

Variables Continuas: Son los diferentes horarios mencionados anteriormente y los veinte lugares de observación (cada lugar de medición se etiquetó con un número).

Sujeto: Es el objeto de estudio que en este caso es el ruido.

Aleatoriedad

La primera técnica de muestreo que se utilizó para obtener una distribución fue la de aleatoriedad, en esta técnica lo que se hizo fue etiquetar a cada una de nuestras variables como se ve a continuación en las tablas 8, 9 y 10:

Horarios (HOR)	10
07h00 a 09h29	8
09h30 a 11h59	6
12h00 a 14h29	7
14h30 a 16h59	10
17h00 a 18h59	3
19h00 a 21h59	9
22h00 a 00h29	5
00h30 a 02h29	1
02h30 a 04h30	2
04h30 a 06h59	4

Tabla 8: Etiqueta de horarios

Días (DÍA)	7
Lunes	1
Martes	6
Miércoles	5
Jueves	7
Viernes	2
Sábado	4
Domingo	3

Tabla 9: Etiqueta de días.

Puntos (PUNTO)	20
PC1	1
PC2	2
PC3	3
PC4	4
PC5	5
PE1	6
PE2	7
PE3	8
PE4	9
PE5	10
PH1	11
PH2	12
PH3	13
PH4	14
PH5	15
PT1	16
PT2	17
PT3	18
PT4	19
PT5	20

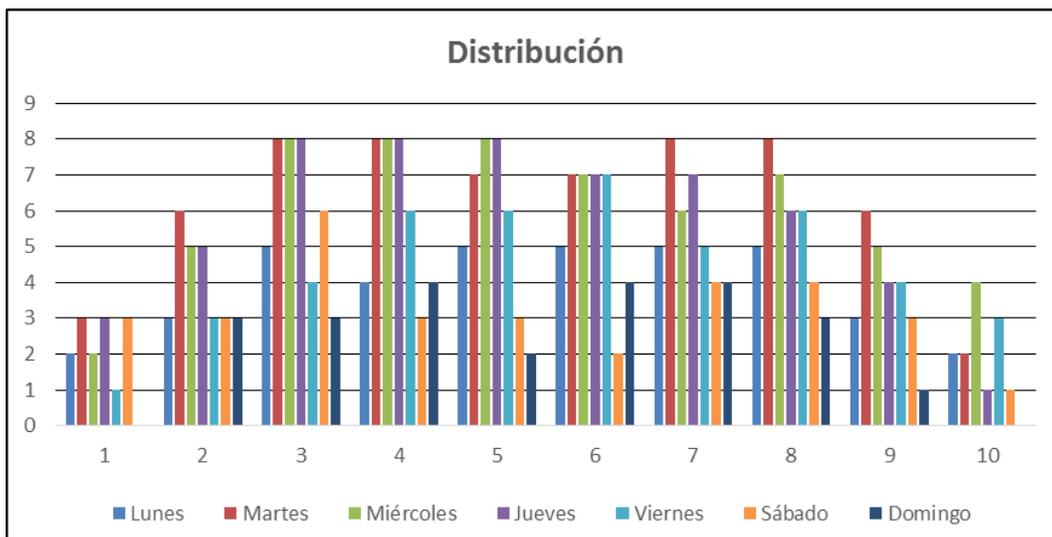
Tabla 10: Etiqueta de puntos.

Con nuestras variables etiquetadas se procedió a realizar un sorteo aleatorio mediante la función de aleatoriedad de Excel para así obtener nuestras 320 mediciones completamente aleatorias. El sorteo realizado quedo distribuido como se ve en la figura 1.

Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	%	Mañana	Tarde	Noche	Total
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	14	2	3	2	3	1	3	0	4.38%	164	39	117	320
	09h30 a 11h59	2h30	28	3	6	5	5	3	3	3	8.75%	51.25%	12.19%	36.56%	100.00%
	12h00 a 14h29	2h30	42	5	8	8	8	4	6	3	13.13%				
	14h30 a 16h59	2h30	41	4	8	8	8	6	3	4	12.81%				
	17h00 a 18h59	2h00	39	5	7	8	8	6	3	2	12.19%				
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	39	5	7	7	7	7	2	4	12.19%				
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	39	5	8	6	7	5	4	4	12.19%				
	00h30 a 02h29	2h00	39	5	8	7	6	6	4	3	12.19%				
	02h30 a 04h30	2h00	26	3	6	5	4	4	3	1	8.13%				
	04h30 a 06h59	2h30	13	2	2	4	1	3	1	0	4.06%				
		Total	320	39	63	60	57	45	32	24	100%				

Figura 1: Concentrado Aleatorio.

Debido a que el sorteo fue realizado de forma aleatoria se esperaría que cada horario de medición tuviera una concentración cercana al 10%, el color azul en la figura anterior indica que la cantidad de mediciones en día y horario es correcta debido a que no supera el porcentaje antes mencionado, por lo contrario el color rosa (claro y fuerte) nos indica que se ha superado el porcentaje y por consecuencia en algunas de las variables tendrá una mayor concentración de mediciones. Para observar como quedo la distribución de los puntos de medición por mes revisar el Anexo A. La grafica 2 nos indica como nuestra distribución intenta acercarse lo más posible a un valor constante de mediciones dentro de cada día.



Grafica 2: Distribución de los puntos por día.

Repetición

La otra técnica de muestreo que se utilizó para obtener una distribución fue la de la repetitividad, en esta técnica lo que se pretende es que las observaciones que se hagan tengan al menos una repetición para así evitar la presencia de sesgo y la dependencia entre las observaciones, para lo cual se manejaron las mismas variables que el sorteo aleatorio sin embargo la variable días solo fue utilizada como referencia debido a que se manejó una nueva variable llamada grupos en la cual cada grupo está conformado por ciertos días, se presenta en la tabla 11 los días por los cuales están formados dichos grupos.

Grupo	Días (DÍA)	7	Mediciones por día	Total por Grupo
1	Lunes	6	54	106
	Viernes	5	52	
2	Martes	2	39	108
	Miércoles	4	36	
	Jueves	3	33	
3	Sábado	7	56	106
	Domingo	1	50	

Tabla 11: Grupos de medición.

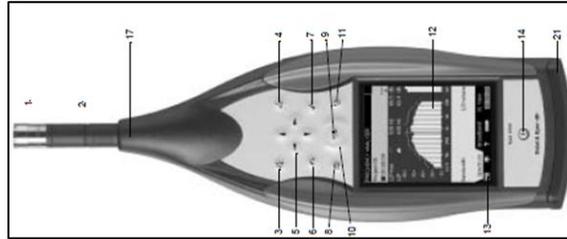
Los días que conforman a cada uno de los grupos de la tabla anterior se basa en la idea de que son días con una actividad muy similar, esto es importante debido que a la mitad del proceso de medición (al obtener las 160 observaciones) se observara el comportamiento de las muestras de ruido en los días correspondientes y se determinara si efectivamente son días con una actividad muy similar además es necesario mencionar que la variable día aunque es una referencia esta se manejó con la cantidad de mediciones que proporciono el sorteo aleatorio (se alteró un poco las mediciones para obtener las que requiere cada grupo). En la tabla 12 se puede observar la repetición que va a tener cada medición.

PUNTO	HOR	DÍA	GRUPO
1	2	2	2
1	2	2	2
1	3	1	3
1	3	1	3
1	4	7	3
1	4	7	3
1	5	5	1
1	5	5	1
1	7	3	2
1	7	3	2
1	8	3	2
1	8	3	2
1	9	7	3
1	9	7	3
1	10	5	1
1	10	5	1
1	10	6	1
1	10	6	1

Tabla 12: Grupos de medición.

Configuración de equipos de medición

Sonómetro 2250 Brüel & Kjær



. **Figura 4: Sonómetro.**

Este aparato nos permite medir el nivel de presión sonora. Los resultados los expresa en decibeles (dB). Para determinar el daño auditivo, el equipo 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.

En la figura 4 se observa el sonómetro a utilizar para realizar las mediciones de ruido, una vez leído el manual de este equipo se tiene que configurar con los siguientes parámetros para una medición correcta:

- **Entrada:** Entrada- "Conector Superior", Transductor- "4189(2983281)", Correc. Campo Sonoro- "Campo Libre", Sonoridad-"Auto", Correc. Pantalla Antiviento-"Ninguna", Entrada Disparo-"Ninguna" y hacer clic en guion.
- **Ajustes Frecuenciales:** Banda ancha (Excl. Peak)- "AZ", Pico de banda ancha-"C", Espectro- "Z", Ancho de banda- "1/3 de octava", Frecuencia mínima-"12.5 Hz", Frecuencia máxima- "20 kHz" y hacer clic en guion.
- **Estadísticas:** Datos estadísticos de banda ancha basados en-"LXF", Datos estadísticos espectrales basados en-"LXF" y hacer clic en guion.
- **Control de medida:** Modo de medida – "Automático", Tiempo Preseleccionado – "01:00:00", Periodo de registro-"00:01:00", Sincronizar reloj-"No", Calibración inyección de carga-"ninguna" y hacer clic en guion.
- **Banda Ancha Registrada:** Estadísticas completas- "si", Parámetros de banda ancha- "Todos" y hacer clic en guion.
- **Parámetros de banda ancha registrados (100 ms):** Parámetro 1- "LAeq", Parámetro 2- "LAF", Parámetro 3-"LAS" y hacer clic en guion, el orden de los parámetros no importa.
- **Espectro registrado:** Datos estadísticos espectrales completos- "si", Parámetros espectrales – "todos" y hacer clic en guion.
- Nota: Cualquier otro parámetro no mencionado, no modificar.

Calibrador acústico 4231 Brüel & Kjae.



Figura 5: Calibrador acústico.

La figura 5 es un calibrador acústico que funciona como una fuente sonora portátil la cual emite un sonido a una amplitud y frecuencia conocida para verificar que el nivel emitido por el sonómetro es correcto, este aparato nos dos amplitudes diferentes una de 94 dB y otra de 114 dB sin embargo la utilizada para calibrar es la de 94 dB a 1KHZ de frecuencia.

Kestrel 4500



Figura 6: Anemómetro Kestrel.

Este Instrumento nos permite medir la velocidad instantánea del viento, pero las ráfagas de viento desvirtúan la medida, de manera que la medida más acertada es el valor medio de medidas que se tomen a intervalos de tiempo. Este anemómetro en especial tiene la capacidad de medir otras condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, altitud, presión etc.).

Una vez leído el manual se configuro el anemómetro de la siguiente manera:

- Se calibra brújula de Kestrel en caso de no estarlo.
- Se elige una tasa de almacenamiento de 1 minuto.
- Se habilita el auto-guardado.
- Se desactiva la función sobre-escribir.
- Se configura un auto-apagado a los 15 min.

Para mayor información sobre las configuraciones de los equipos antes mencionados revisar el Anexo C.

Lista de Revisión

Para asegurarse de que el proceso de medición se realice de forma correcta y para llevar a cabo un mejor control en las mediciones fue necesario elaborar una lista de revisión, en la cual se verifica si los pasos más importantes fueron llevados a cabo para que el algoritmo de medición se ejecute adecuadamente, el nombre con el que asigne a la medición en esta lista será con el cual identificaremos los archivos generados por el equipo de medición en la computadora esta lista también es importante debido a que hay mediciones en el turno de la noche es muy factible olvidar y/o perder alguno de los materiales, en la figura 7 se muestra la lista de revisión utilizada:

Lista de chequeo: Mediciones de ruido	
Responsables: _____ y _____	
Punto de medición: _____ Fecha: _____ Hora: _____	
Calibración: _____ Nombre de identificación del archivo de medición: _____	
Sonómetro	
Se colocó trípode a la máxima altura posible.	
Se verificó el nivel de energía (menos del 20% no realizar medición).	
Se calibró el sonómetro.	
Se colocó pantalla de viento.	
Se verificó que la plantilla Mediciones Qro. esté activa en el sonómetro.	
Se agregó nota antes de iniciar la medición de ruido (ejemplo: p16 130817 12hrs 13)	
Se oprimió el botón guardar en sonómetro al término de la medición.	
Se guardó medición con el nombre de identificación (ejemplo Med 001).	
Se descargó archivo de medición a la PC mediante el cable usb.	
Se comprobó que el archivo se haya descargado correctamente a la PC	
Cámara de grabación	
Verifico que el equipo no entre en estado de suspensión nunca.	
Se conectó la cámara al puerto USB y se abrió software Microsoft LifeCam.	
Se eligió resolución HD en configuración.	
Se inició y se detuvo medición al mismo tiempo que el sonómetro.	
Se hizo clic en la carpeta amarilla en Microsoft LifeCam para cambiar el nombre del archivo de grabación, ejemplo: Med 001.	
Veleta Kestrel	
Se instaló veleta Kestrel.	
Se colocó base junto con veleta en trípode.	
Se niveló.	
Se Colocó el anemómetro Kestrel 4500 en la base con veleta.	
Kestrel 4500	
Se calibró anemómetro.	
Se borró registro antes de iniciar medición.	
Se configuró una tasa de almacenamiento de 1 minuto.	
Se descargaron los datos en la pc con el mismo nombre del archivo del sonómetro.	
Equipo	
2 Trípodes (para sonómetro y para anemómetro kestrel).	
Sonómetro, preamplificador, micrófono y cargador.	
Calibrador acústico.	
Pantalla de viento.	
Cámara de grabación (webcam).	
Anemómetro Kestrel 4500, veleta Kestrel e interfaz Kestrel e interfaz Kestrel con cable serial (2 cajas y un estuche).	
Laptop y cargador.	
Voltear a ver lugar donde se midió para comprobar que el equipo no se olvide.	
Comprobar que el equipo anterior se encuentre en el carro.	

Figura 7: Lista de revisión

Algoritmo de medición

Paso 1: Se revisa el nivel de energía del sonómetro.

Paso 2: Se configura el sonómetro de acuerdo a la configuración que se mencionó con anterioridad para el correcto registro de niveles sonoros.

Paso 3: Se coloca tripie a una altura mínima de 1.45 metros.

Paso 4: Se coloca calibrador al micrófono del sonómetro y se inicia proceso de calibración verificando que la lectura del sonómetro sea de 94 dB y 1kHz

Paso 5: Se recorre el lugar a realizar la medición con el sonómetro y donde se registre la mayor presencia de energía acústica se coloca el tripie y se monta el sonómetro.

Paso 6: Se orienta micrófono hacia la fuente sonora y se coloca la pantalla anti-viento.

Paso 7: Se coloca otro tripie a 1.5 metros aproximadamente del sonómetro y se monta la veleta Kestrel.

Paso 8: Se configura el anemómetro Kestrel de acuerdo a la configuración mencionada en el apartado configuración de equipo (ver Anexo C) y se monta a tripie.

Paso 9: Se coloca cámara Web a un tripie, se conecta a la PC y se configura para que guarde videos en formato HD.

Paso 10: Se llena la lista de revisión para verificar que no se haya olvidado ningún paso y ubicar el lugar, hora y fecha en la cual se lleve a cabo la medición.

Paso 11: Se inicia medición de sonómetro, Kestrel y cámara al mismo tiempo.

Paso 12: Durante la hora de medición se verifica que los equipos estén funcionando y registrando adecuadamente.

Paso 13: Al término de la hora de medición se detiene manualmente la grabación en video y los registros del anemómetro Kestrel.

Paso 14: Se calibra nuevamente el sonómetro para verificar que la calibración inicial y final no sea diferente a amplitud de 1 dB, en caso de ser diferente la medición se considera errónea.

Paso 15: Se descargan los archivos generados por los equipos de medición, se nombran de acuerdo a la lista de revisión, se guardan y se verifica que los archivos se puedan abrir con el software BZ-5503 (archivo generado por el sonómetro) y software (Kestrel Comunicator).

Paso 16: Se borra registro del Kestrel y en el caso del sonómetro verificamos que las configuraciones dadas no hayan sido modificadas.

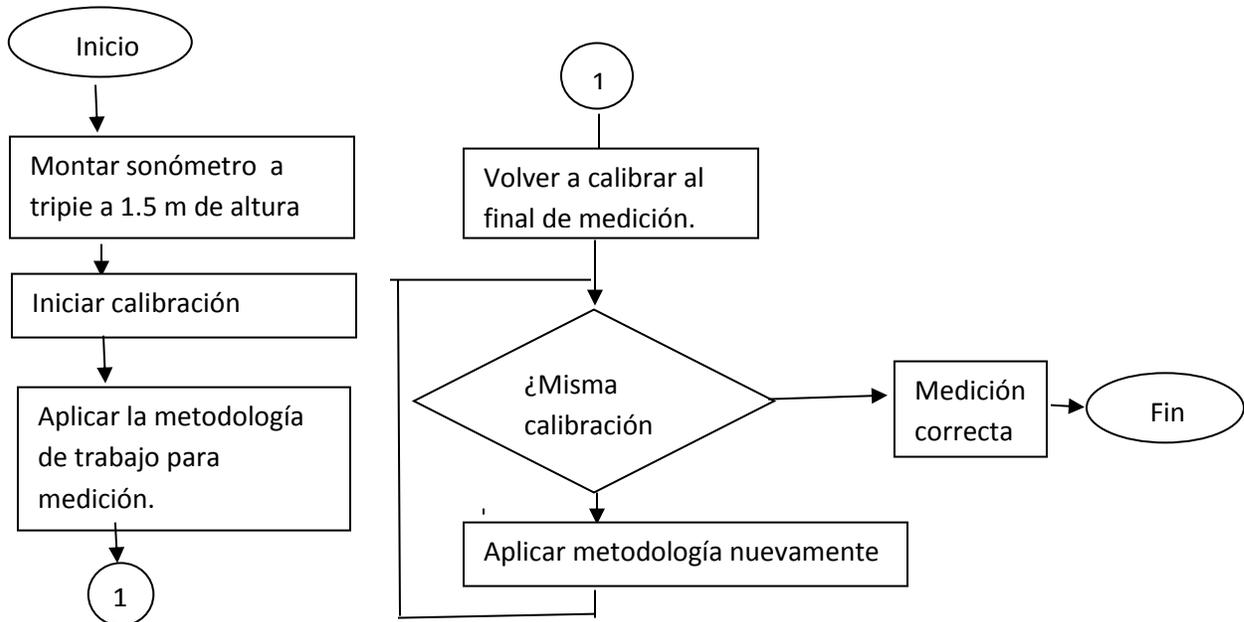


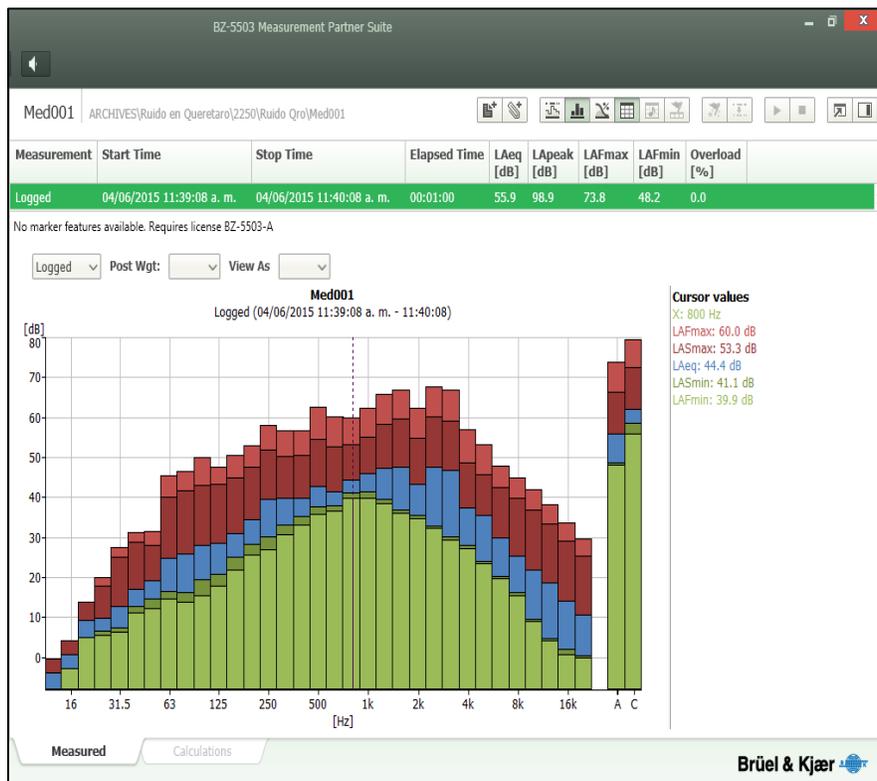
Figura 8: Diagrama de flujo de procedimiento.

Para observar algunas imágenes de donde se realizó las mediciones encada una de las zonas antes establecidas ver el Anexo D.

Softwares

BZ5503

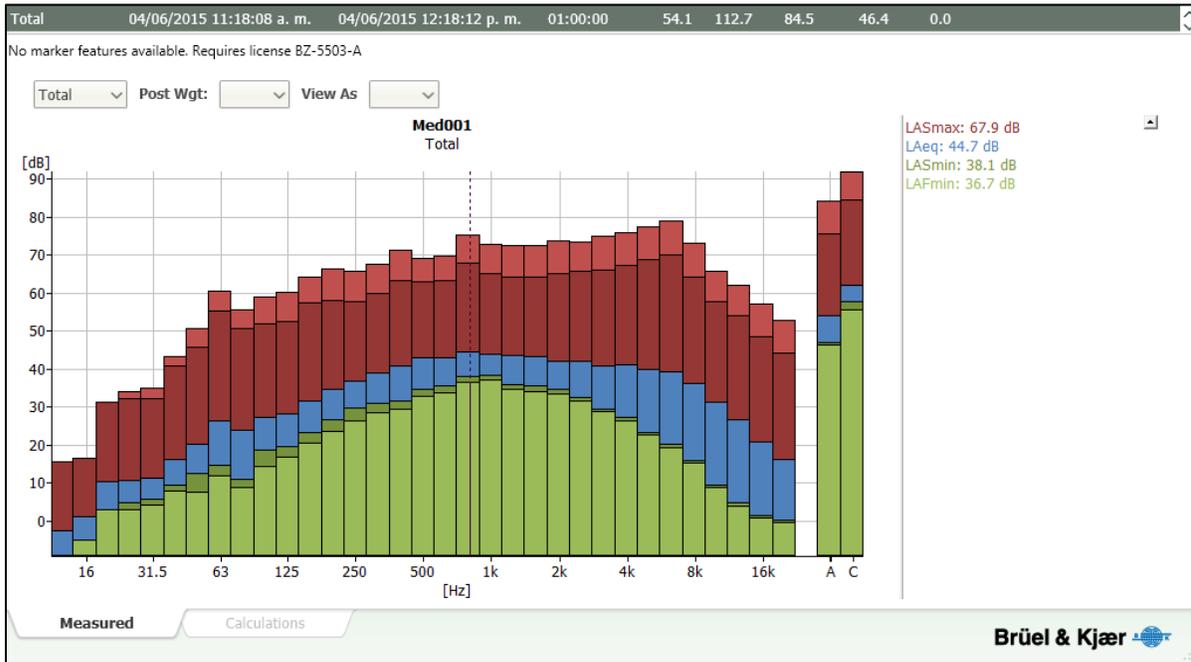
Durante las mediciones cada vez que se registraba los niveles sonoros en los puntos de observación establecidos se verificaba que el archivo de medición se guardara correctamente en el sonómetro 2250, sin embargo fue necesario utilizar el software BZ5503 de Brüel & Kjær ya que mediante este se podía transferir el archivo generado en el dispositivo a la PC, además de que este software hace más interactivo y/o la visualización y análisis de los parámetros registrados ya que una vez graficados los datos por el software solo con colocar el cursor en la frecuencia deseada podemos visualizar los niveles que tiene esa frecuencia y en qué tiempo, en la gráfica 3 podemos observar como se muestra el espectro de frecuencias de la medición 001.



Gráfica 3: Espectro de frecuencias por minuto.

En la gráfica anterior los colores nos indican los niveles de amplitud que tienen cada uno de los diferentes parámetros que el sonómetro 2250 registró en las respectivas frecuencias de tercias de octava sin embargo la información es la recolectada por minuto de observación.

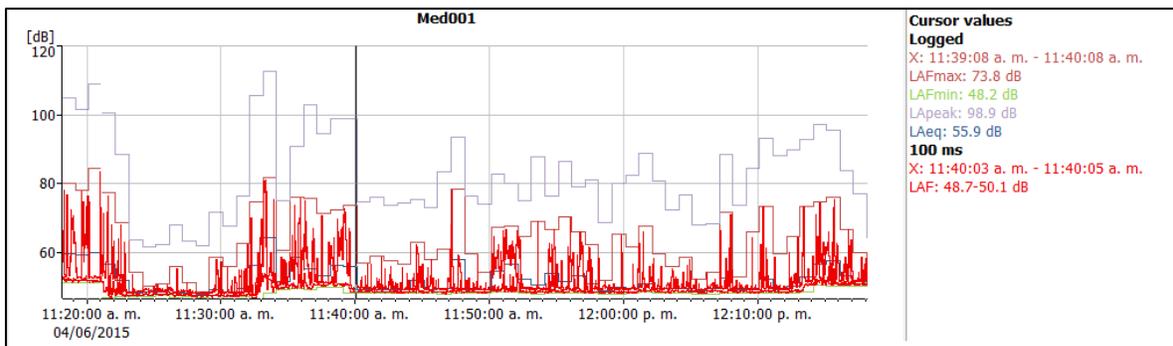
Ahora que si lo que queremos es graficar el espectro de frecuencias total registrado durante la hora de medición con los mismos parámetros con los mismos parámetros con los que se graficó el espectro por minuto también se puede hacer, la gráfica 4 contiene toda información que se registró durante la hora de la medición.



Gráfica 4: Espectro total de la medición.

Una vez que se obtuvieron el número de observaciones requeridas se procedió a exportar cada una de las mediciones mediante Excel para tener un mejor control de las variables registradas para análisis posteriores.

Nota: Este software también tiene la capacidad de mostrarnos el ruido que se capture durante cada 1000 ms como se observa en la grafica 5:



Gráfica 5: Muestras de ruido instantáneas.

Kestrel Communicator

Cuando se registraba las condiciones meteorológicas del lugar de observación mediante el Kestrel se tenía que descargar el archivo html que este generaba sin embargo para poder visualizar los registros de cada parámetro de la medición realizada fue necesario utilizar el software Kestrel Communicator, en la figura 9 podemos visualizar la interfaz:

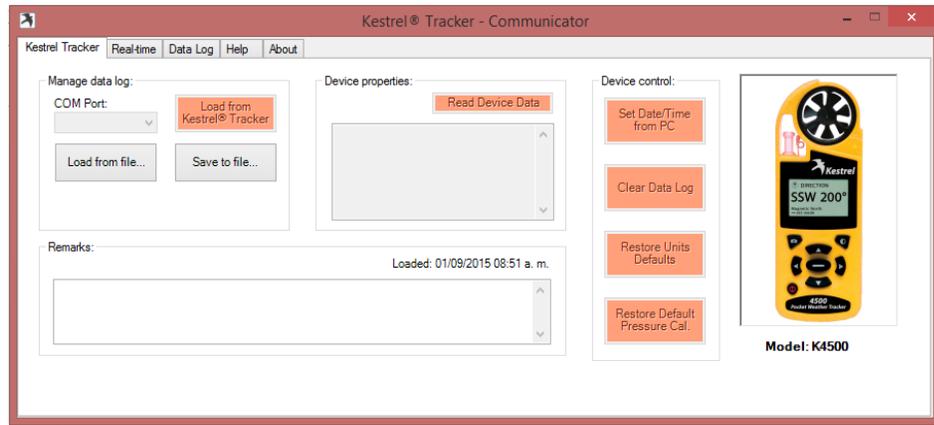


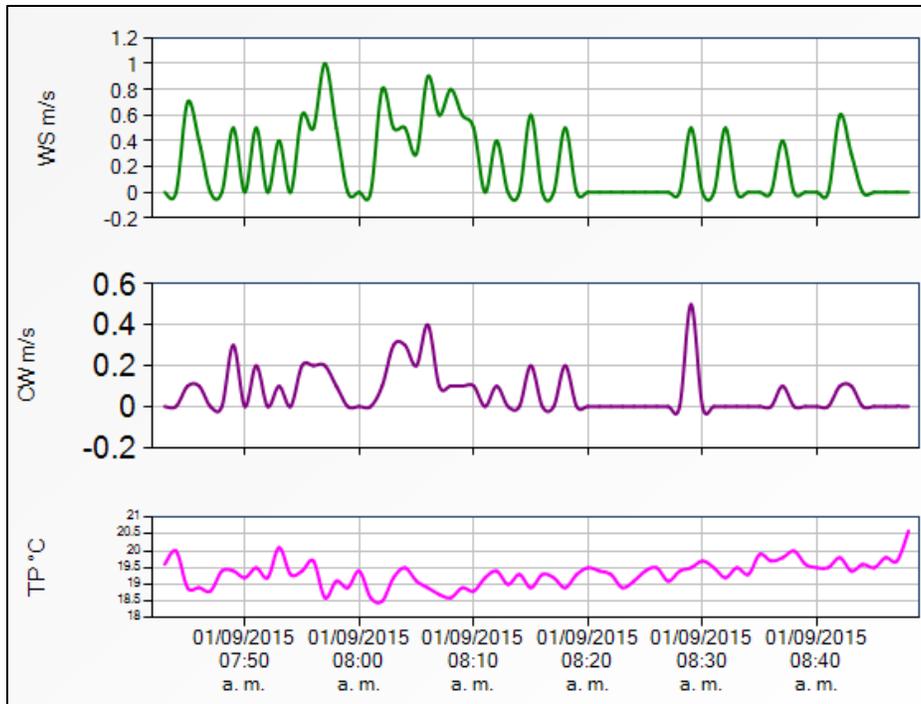
Figura 9: Interfaz de Kestrel Communicator

Como se observa en la figura anterior el software primero detecta por cual puerto COM está siendo comunicado, después detecta el tipo de Kestrel utilizado en la medición y una vez detectado podemos visualizar las condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas las podemos observar mediante dos pestañas de este software, en la pestaña que tiene por nombre Real Time observaremos todos los registros que puede registrar el Kestrel pero en tiempo real sin embargo la pestaña que se decidió utilizar fue la de DataLog donde observaremos los parámetros registrados guardados por minuto al término de la medición, en la figura 10 y en la gráfica 6 observaremos los parámetros registrados y el comportamiento de algunos de ellos de la Med001 durante la hora de medición.

Date	Time	MG Mag	TR True	WS m/s	CW m/s	HW m/s	TP °C	WC °C	RH %	HI °C	DP °C	WB °C	BP hPa	AL m	DA m
9/1/2015	07:43:00	62	62	0.0	0.0	0.0	19.6	19.6	76.8	19.6	15.4	16.5	832.10	1,654	4,388
9/1/2015	07:44:00	71	71	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	76.5	20.1	15.7	16.8	832.00	1,656	4,404
9/1/2015	07:45:00	72	72	0.7	0.1	0.7	18.9	18.9	76.9	18.7	14.7	15.8	832.00	1,656	4,363
9/1/2015	07:46:00	75	75	0.4	0.1	0.4	18.9	18.9	79.3	18.8	15.2	16.2	832.10	1,655	4,364
9/1/2015	07:47:00	75	75	0.0	0.0	0.0	18.8	18.8	78.6	18.6	15.0	16.1	832.10	1,655	4,360
9/1/2015	07:48:00	276	276	0.0	0.0	0.0	19.4	19.4	79.0	19.5	15.7	16.7	832.10	1,654	4,382
9/1/2015	07:49:00	276	276	0.5	0.3	-0.5	19.4	19.4	76.1	19.3	15.1	16.3	832.10	1,654	4,380
9/1/2015	07:50:00	277	277	0.0	0.0	0.0	19.2	19.2	77.4	19.1	15.2	16.3	832.10	1,654	4,374
9/1/2015	07:51:00	266	266	0.5	0.2	-0.5	19.5	19.5	76.8	19.4	15.3	16.4	832.10	1,654	4,383
9/1/2015	07:52:00	255	255	0.0	0.0	0.0	19.2	19.2	76.6	19.0	15.0	16.2	832.10	1,654	4,372

Figura 10: Registros Kestrel por minuto



Grafica 6: Comportamiento del viento y temperatura.

LifeCam 4.25

Este es el software que se usó para grabar video y audio mediante la cámara LifeCam en los puntos de medición durante la hora de medición, los archivos de video que se generaron durante el proceso son importantes debido a que nos sirven para poder identificar de donde proviene el ruido además que en la mayoría de modelos internacionales de predicción de ruido los consideran para determinar el porcentaje de autos pesados y ligeros que circulan por la vía evaluada y aunque en esta etapa del proyecto no fue realizada esta considerada para etapas posteriores, la figura 11 muestra la cámara empleada.



Figura 11: Camara LifeCam

Análisis de la información

Al obtener las primeras 155 observaciones de ruido se procedió a analizar la información recolectada por los equipos de medición, lo primero que se realizó fue comprobar que efectivamente el nombre asignado a las mediciones en la lista de revisión coincidieran con los asignados por el sonómetro, Kestrel y cámara Web, en la tabla 13 observamos (algunas mediciones) como relacionamos cada uno de los archivos para determinar si eran correcto y en caso de no serlo se indicaba la incidencia.

Incidencias de medicion					
Project Name	Punto	Video	Kestrel	Sonometro	Nota
Med001	16	1	1	1	Correcto
Med002	18	1	1	1	Correcto
Med003	12	1	1	1	Correcto
Med004	16	1	1	1	Correcto
Med005	14	1	1	1	Correcto
Med006	14	1	1	1	Correcto
Med007	6	1	1	1	35 minutos de video
Med008	12	1	1	1	Correcto
Med009	19	1	1	1	Correcto
Med010	17	1	1	1	Correcto
Med011	1	1	1	1	Correcto
Med012	14	1	1	1	Correcto
Med013	9	1	1	1	Correcto
Med014	7	0	1	1	Cámara Fuji no guardo video
Med015	4	1	1	1	No se encontró el Ocasus, se midió en industrialización
Med016	1	1	1	1	Correcto
Med017	2	1	1	1	Correcto

Tabla 13: Incidencias de medición.

Debido a que el sonómetro registra demasiados parámetros relacionados con la amplitud del ruido y parámetros estadísticos se decidió depurar la información de cada archivo de medición para quedarnos solo con estos: LAF_{Teq}, LAF_{max}, LZ_{Fmax}, LAF_{min}, LZ_{Fmin}, LZ_{peak}, LA_{eq}, LZ_{eq} y StdDev (desviación estándar), todos los parámetros antes mencionados son los considerados en el ancho de banda, en cuanto a los espectros de frecuencia se decidió quedarse solo con el parámetro LZ_{eq} que va desde los 12.5 hz hasta los 20 khz en tercios de octava, es importante mencionar que cada uno de estos parámetros es el promedio de ellos por hora de medición.

Una vez depurados cada uno de los archivos se agruparon tanto los niveles de ancho de banda y los espectros en una sola tabla respectivamente y se ordenaron de forma ascendente como se puede observar en la tabla 14 (solo se presentan unas cuantas mediciones debido a que la cantidad de mediciones es extensa) :

Registro de DB (Promedio por hora de medición).												
Project Name	Punto	Start Time	Elapsed Time	LAFteq	LAFmax	LZFmax	LAFmin	LZFmin	LZpeak	LAeq	LZeq	StdDev
Med001	16	01/09/2015 07:45	01:00:00	82.47	100.76	115.26	59.43	75.04	121.55	76.49	90.07	4.84
Med002	18	01/09/2015 09:50	01:00:00	80.35	93.7	103.31	68.02	78.45	116.47	76.61	88.44	2.48
Med003	12	01/09/2015 12:00	01:00:00	57.53	78.28	85.57	43.23	53.79	95.54	51.46	61.62	2.98
Med004	16	01/09/2015 16:02	01:00:00	76.67	90.9	100.11	55.5	70.67	111.22	72.14	84.82	4.84
Med005	14	01/09/2015 19:20	01:00:00	45	65.77	89.27	37.24	49.72	94.79	40.32	64.32	1.3
Med006	14	02/09/2015 15:58	01:00:00	56.66	74.4	87.98	36.12	50.67	93.65	47.89	63.73	4.68
Med007	6	02/09/2015 17:50	01:00:00	67.39	87.93	98.27	45.42	61.27	106.59	62.44	75.23	5.57
Med008	12	02/09/2015 19:36	01:00:00	58.17	73.9	82.57	43.49	53.51	93.01	51.17	62.25	2.98
Med009	19	02/09/2015 22:17	01:00:00	79.5	95.07	104.03	55.99	65.69	115.2	73.93	81.1	4.23
Med010	17	03/09/2015 09:30	01:00:00	80.83	96.83	105.37	63.73	74.19	116.44	77.61	86.52	3.01
Med011	1	03/09/2015 12:01	01:00:00	66.57	80.41	96.49	49.45	66.62	102.32	61.58	77.65	4.45
Med012	14	03/09/2015 15:31	01:00:00	51.1	69.16	83.1	36.09	49.99	87.75	42.77	65.27	2.51
Med013	9	04/09/2015 07:52	01:00:00	69.75	96.46	96.75	44.1	59.92	108.73	58.99	72.31	4.03
Med014	7	04/09/2015 10:11	01:00:00	76.91	94.41	102.11	49.81	64.46	111.27	72.22	82.52	6.09
Med015	4	04/09/2015 12:52	01:00:00	75.82	96.26	102.67	56.29	67.83	109.23	70.63	81.6	4.08
Med016	1	04/09/2015 15:14	01:00:00	68.37	88.81	102.14	52.36	67.74	110.99	63.13	79.27	3.94
Med017	2	04/09/2015 17:35	01:00:00	76.48	94.78	101.97	51.54	61.82	113.37	71.78	81.73	5.82
Med018	14	04/09/2015 19:06	01:00:00	50.64	66.23	90.54	39.42	53.28	96.9	44.78	64.4	2.11
Med019	2	04/09/2015 22:20	01:00:00	72.56	90.74	99.96	49.26	57.95	110.05	67.62	76.49	6.76
Med020	18	05/09/2015 09:42	01:00:00	80.86	94.35	103.83	69.47	79.54	113.89	77.28	89.21	2.58

Tabla 14: Registros dB promedio hora.

Después de tener agrupadas todas las mediciones con sus parámetros correspondientes se procedió a acomodar la información de la siguiente manera para facilitar el análisis:

DBB día: Las observaciones realizadas se acomodaron por grupo de medición porque ese fue un criterio para la elaboración de la distribución, en la tabla 15 observaremos solo un grupo de días con algunas de sus respectivas observaciones:

Martes												
Project Name	Punto	Start Time	Elapsed Time	LAFteq	LAFmax	LZFmax	LAFmin	LZFmin	LZpeak	LAeq	LZeq	
Med001	16	01/09/2015 07:45	01:00:00	82.47	100.76	115.26	59.43	75.04	121.55	76.49	90.07	
Med002	18	01/09/2015 09:50	01:00:00	80.35	93.7	103.31	68.02	78.45	116.47	76.61	88.44	
Med003	12	01/09/2015 12:00	01:00:00	57.53	78.28	85.57	43.23	53.79	95.54	51.46	61.62	
Med004	16	01/09/2015 16:02	01:00:00	76.67	90.9	100.11	55.5	70.67	111.22	72.14	84.82	
Med005	14	01/09/2015 19:20	01:00:00	45	65.77	89.27	37.24	49.72	94.79	40.32	64.32	
Miercoles												
Med006	14	02/09/2015 15:58	01:00:00	56.66	74.4	87.98	36.12	50.67	93.65	47.89	63.73	
Med007	6	02/09/2015 17:50	01:00:00	67.39	87.93	98.27	45.42	61.27	106.59	62.44	75.23	
Med008	12	02/09/2015 19:36	01:00:00	58.17	73.9	82.57	43.49	53.51	93.01	51.17	62.25	
Med009	19	02/09/2015 22:17	01:00:00	79.5	95.07	104.03	55.99	65.69	115.2	73.93	81.1	
Jueves												
Med010	17	03/09/2015 09:30	01:00:00	80.83	96.83	105.37	63.73	74.19	116.44	77.61	86.52	
Med011	1	03/09/2015 12:01	01:00:00	66.57	80.41	96.49	49.45	66.62	102.32	61.58	77.65	
Med012	14	03/09/2015 15:31	01:00:00	51.1	69.16	83.1	36.09	49.99	87.75	42.77	65.27	

Tabla 15: Grupo de medición.

DBB punto: Todas las observaciones realizadas fueron acomodadas por punto de medición, debido a que el objetivo de detener el proceso de medición es verificar si con la información recolectada es suficiente para dejar de medir, por lo cual se comparó las mediciones que hayan sido realizadas en el mismo punto pero en el mismo turno de medición, las mediciones que se encuentran en un color blanco indica que la medición no es comparable con algún otra como se muestra en las tablas 16 y 17:

Grupos	Mañana	Tarde	Noche
Lunes y Viernes			
Martes, Miércoles y Jueves			
Sábado y Domingo			

Tabla 16: Grupos de días.

Project Name	Punto	Start Time	Día de medición	Elapsed Time	LAeq	StdDev
Med011	1	03/09/2015 12:01	jueves, 3 de septiembre de 2015	01:00:00	61.58	4.45
Med016	1	04/09/2015 15:14	viernes, 4 de septiembre de 2015	01:00:00	63.13	3.94
Med030	1	06/09/2015 17:01	domingo, 6 de septiembre de 2015	01:00:00	64.68	3.5
Med036	1	07/09/2015 15:25	lunes, 7 de septiembre de 2015	01:00:00	60.09	3.33
Med049	1	10/09/2015 12:53	jueves, 10 de septiembre de 2015	01:00:00	58.8	3.78
Med054	1	11/09/2015 14:43	viernes, 11 de septiembre de 2015	01:00:00	63.43	4.4
Med059	1	13/09/2015 17:00	domingo, 13 de septiembre de 2015	01:00:00	65.8	3.23
Med081	1	21/09/2015 15:55	lunes, 21 de septiembre de 2015	01:00:00	62.03	3.85
Med104	1	01/10/2015 07:36	jueves, 1 de octubre de 2015	01:00:00	64.34	2.79
Med118	1	03/10/2015 19:38	sábado, 3 de octubre de 2015	01:00:00	65.5	2.59
Med145	1	12/10/2015 15:04	lunes, 12 de octubre de 2015	01:00:00	59.83	3.72

Tabla 17: Comparación de mediciones en el punto 1.

Como se observa todo el acomodo anterior de la información ha sido tratada solo para el ancho de banda (DBB) sin embargo también fue aplicada a los espectros registrados de cada medición.

Es importante mencionar que una vez que se tenía organizada las primeras 155 mediciones se decidió enviar la información al Dr. Vicente González Juárez estadístico del CENAM para determinar si los en los días en los que se midió efectivamente son comparables.

Comentarios del Dr. Vicente González Juárez

Una vez que la información fue revisada por el estadístico este hizo una serie de comentarios respecto a las observaciones de ruido hechas, las cuales fueron las siguientes:

- **Desviación estándar:** La desviación estándar promedio por punto calculada por el sonómetro 2250 debe ser menor a la desviación estándar por punto del parámetro LAeq además si la desviación estándar promedio es mayor a 5 se debe de aumentar el número de observaciones en ese punto de medición.
- **Coefficiente de variación:** El coeficiente de variación de cada punto no debe ser mayor a 0.05 en caso contrario aumentar observaciones en el punto correspondiente.
- **Observaciones:** Si el número de observaciones es menor a 5 muestras de ruido se debe aumentar el número de observaciones a pesar de que cumplan con los dos criterios anteriores.
- **Grupo de días:** Debido a que la distribución de las mediciones se hizo de manera aleatoria se debe verificar que puntos de medición no se han evaluado en cada grupo de días.

Para observar los puntos de medición que no cumplen con las recomendaciones revisar el Anexo E.

Atendiendo las recomendaciones pasadas se procedió a ubicar los puntos de medición más críticos para agendar un nuevo calendario de medición, sin embargo las nuevas observaciones ya no se rigen por las técnicas de muestreo planteadas desde un inicio debido a que estas observaciones están siendo utilizadas como una medida correctiva para verificar nuevamente que los días planteados en los grupos son parecidos y que no se hallan visto afectados por factores externos.

Para la elaboración de este nuevo calendario se verifico que los 20 puntos hayan sido evaluados en todos los grupos de días establecidos, en caso contrario se agendaría mediciones en los días donde no se hayan registrado mediciones, además se determinó que los horarios donde no se hayan registrado mediciones en cada uno de los puntos de medición también tendrían que ser agendados, para determinar la cantidad de mediciones a agregar se estableció como regla que los puntos con una STD (desviación estándar) alta y los que tuvieran menos de 5 observaciones serían los que tendrían una mayor prioridad para evaluar, en las tablas 18 y 19 se muestra las observaciones agregadas de acuerdo a los horarios faltantes :

Punto	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	M	T	N
1	1					2		1	4		2		1				10	1	0
2						5					3					2	8	0	2
3						4					2	1					7	0	0
4		2	1			2	1						1				6	1	0
5			1	2							2		2				5	2	0
6		1	1					4			2					3	8	0	3
7		2	5	1		1	1									2	10	0	2
8			1										2				1	2	0
9	2					1								2		2	3	2	2
10				1								1				2	2	0	2
11	1	1							1		4					1	7	0	1
12		3				2	1		1	1			3				8	3	0
13									1				2			3	1	2	3
14									3	1		1	5				5	5	0
15													1			2	0	1	2
16	1	1		2	1			3	3	1	2						14	0	0
17			1	1		2		2									6	0	0
18			3	3				1	1								8	0	0
19						2										4	2	0	4
20		1								1					1		2	1	0
Total	5	11	13	10	1	21	3	11	14	4	17	3	17	2	1	21	113	17	24

Tabla 18: Mediciones Horario-Punto.

23/11/15 al 11/12/15				
Punto	Agregar	M	T	N
1				
2	3	1	1	1
3	3	1	1	1
4	3	1	1	1
5	4	3	0	1
6				
7	1		1	
8	2	1	0	1
9	3	3	0	0
10	2	1	1	
11				
12				
13	3	3	0	0
14				
15	3	3	0	0
16				
17	2		1	1
18				
19	2	1	1	
20	3	2	0	1
Total	34	20	7	7

Tabla 19: Mediciones a agregar.

Capítulo V
Resultados

Capítulo VI
Competencias desarrolladas

Conclusión:

Recomendación:

Bibliografía

- [1] Academia.edu. (s.f.). *Noise Mapping of the Flyover Highway in Genoa: comparison of different methods*. Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de http://www.academia.edu/10358304/Noise_Mapping_of_the_Flyover_Highway_in_Genoa_comparison_of_different_methods
- [2] *Acústica medioambiental. Vol. II: Robert Bartí Domingo*. (s.f.). Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=QXf7KodG25sC&pg=PA489&lpg=PA489&dq=modelos+de+prediccion+del+ruido&source=bl&ots=rjRdUK49Eg&sig=B1j7zZGbmOZwokHA2SqWyyc-0-s&hl=es&sa=X&ei=%20ZAZVcPiGle0oQS8nIDgAg&ved=0CE4Q6AEwBw#v=onepage&q=modelos%20de%20prediccion%2>
- [3] concyteq. (s.f.). *Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las principales vialidades de la ciudad de Querétaro*. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de <http://www.concyteq.edu.mx/Publicaciones/Tomo%20IX.pdf>
- [4] Federal Highway Administration | . (s.f.). *Traffic Noise Model*. Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/traffic_noise_model/
- [5] Figueroa, S. B. (1997). *Introducción a la acústica y medición de ruido*. En S. B. Figueroa.
- [6] Grupo Multimedia Lauman, SAPI de CV. (s.f.). *"Boom" de plazas comerciales cambia el rostro de Querétaro*. Recuperado el 7 de Mayo de 2015, de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/boom-de-plazas-comerciales-cambia-el-rostro-de-queretaro.html>
- [7] profepa. (s.f.). *Secretaría de medio ambiente y recursos naturales*. Recuperado el 14 de Abril de 2015, de <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3353/1/nom-081-semarnat-1994.pdf>
- [8] ScienceDirect. (s.f.). *The Harmonoise/IMAGINE model for traction noise of powered railway vehicles*. Recuperado el 1 de Abril de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X05008072>
- [9] *SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL: Diario oficial*. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2015, de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-011.pdf>

Apéndice

Anexo A

										Responsables de medir	
Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	3	1	0	1	1	0	0	0	
	09h30 a 11h59	2h30	6	1	1	1	2	0	0	1	
	12h00 a 14h29	2h30	9	2	1	2	2	1	0	1	
	14h30 a 16h59	2h30	9	1	2	1	2	1	0	2	
	17h00 a 18h59	2h00	9	2	1	2	1	2	0	1	
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	9	2	2	1	2	1	0	1	
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	8	2	2	1	1	1	1	0	
	00h30 a 02h29	2h00	7	1	3	1	1	0	1	0	
	02h30 a 04h30	2h00	4	0	2	1	0	0	1	0	
	04h30 a 06h59	2h30	2	0	1	1	0	0	0	0	
			66	12	15	12	12	6	3	6	
										Responsables de medir	
Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	3	0	1	1	0	1	0	0	
	09h30 a 11h59	2h30	6	1	1	2	1	1	0	0	
	12h00 a 14h29	2h30	9	1	2	2	2	1	1	0	
	14h30 a 16h59	2h30	9	1	2	2	2	1	1	0	
	17h00 a 18h59	2h00	8	0	2	2	2	1	1	0	
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	7	0	1	2	2	2	0	0	
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	7	1	0	2	2	2	0	0	
	00h30 a 02h29	2h00	8	1	1	1	2	2	1	0	
	02h30 a 04h30	2h00	6	1	1	1	1	1	1	0	
	04h30 a 06h59	2h30	3	0	1	0	1	0	1	0	
			66	6	12	15	15	12	6	0	
										Responsables de medir	
Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	3	1		0	1	0	1	0	
	09h30 a 11h59	2h30	6	1	1	0	1	1	1	1	
	12h00 a 14h29	2h30	9	2	1	1	1	1	2	1	
	14h30 a 16h59	2h30	8	2	1	1	1	1	1	1	
	17h00 a 18h59	2h00	8	2	1	1	1	0	2	1	
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	8	2	1	1	1	0	1	2	
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	9	1	3	1	1	0	1	2	
	00h30 a 02h29	2h00	9	1	2	3	1	1	0	1	
	02h30 a 04h30	2h00	6	0	2	2	1	1	0	0	
	04h30 a 06h59	2h30	3	0	0	2		1	0	0	
			69	12	12	12	9	6	9	9	
										Responsables de medir	
Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	3	0	2	0	0	0	1	0	
	09h30 a 11h59	2h30	6	0	2	2	0	0	1	1	
	12h00 a 14h29	2h30	8	0	3	2	1	0	1	1	
	14h30 a 16h59	2h30	8	0	2	3	1	1	0	1	
	17h00 a 18h59	2h00	8	1	2	2	2	1	0	0	
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	9	1	2	2	1	2	1	0	
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	9	1	1	1	2	1	2	1	
	00h30 a 02h29	2h00	9	2	1	0	1	2	2	1	
	02h30 a 04h30	2h00	6	2	0	0	1	1	1	1	
	04h30 a 06h59	2h30	3	2	0	0	0	1	0	0	
			69	9	15	12	9	9	9	6	
										Responsables de medir	
Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	2		0	0	1	0	1	0	
	09h30 a 11h59	2h30	4		1	0	1	1	1	0	
	12h00 a 14h29	2h30	7		1	1	2	1	2	0	
	14h30 a 16h59	2h30	7		1	1	2	2	1	0	
	17h00 a 18h59	2h00	6		1	1	2	2	0	0	
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	6		1	1	1	2	0	1	
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	6		2	1	1	1	0	1	
	00h30 a 02h29	2h00	6		1	2	1	1	0	1	
	02h30 a 04h30	2h00	4		1	1	1	1	0	0	
	04h30 a 06h59	2h30	2		0	1	1	1	0	0	
			50	0	9	9	12	12	5	3	

Figura 12: Distribución por mes.

Anexo B

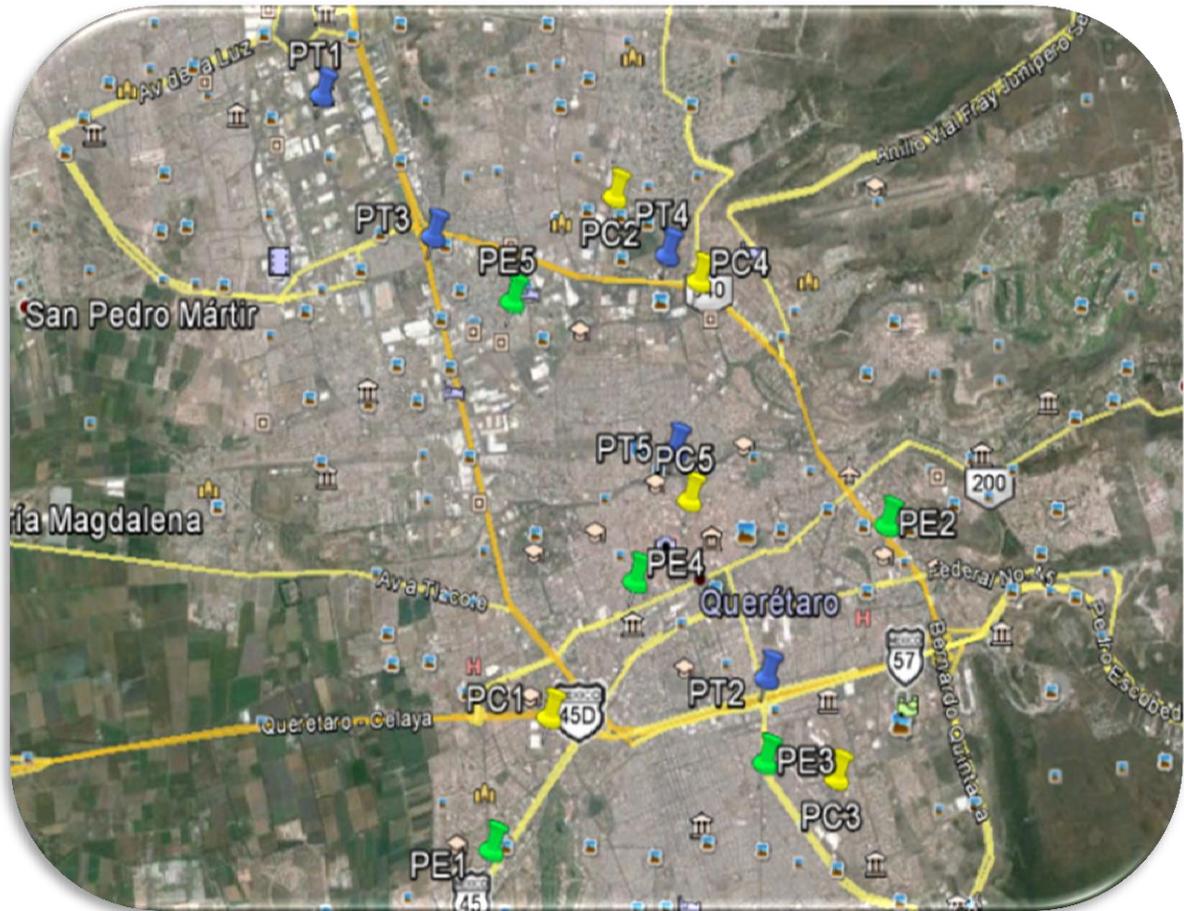
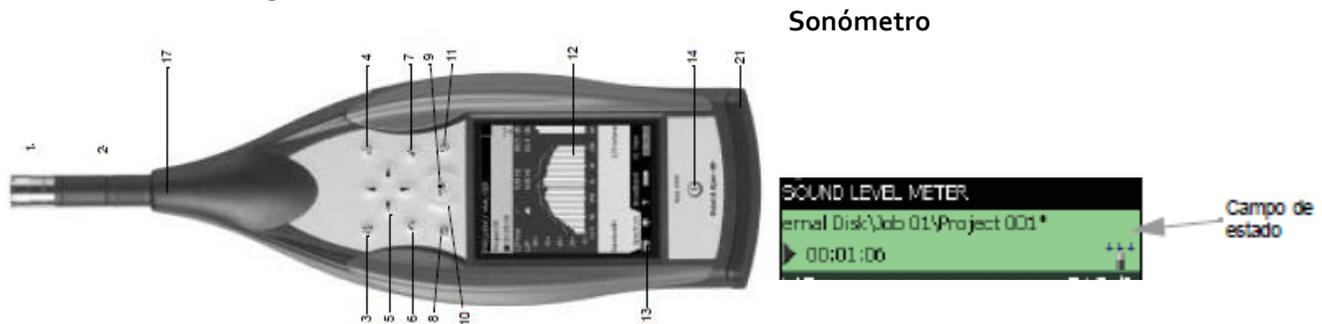


Figura 13: Ubicación Geográfica.

Anexo C

Lista de chequeo: Mediciones de ruido

Punto de medición: _____ Fecha: _____ Hora: _____
 Calibración: _____ Observador: _____
 Incidencia: Sí No ¿Cuál? _____



Colocar micrófono (1) y preamplificador (2).	
Presionar botón de encendido (14) durante 5 segundos para encender.	
Verificar energía, con puntero dar clic en icono de pila.	
Con puntero Ir a menú (13) /explorador de plantilla/registro.	
Con puntero ir a menú (13)/explorador y verificar en campo de estado diga: tarjeta sd y hacer clic en x, caso contrario dar clic en disc int, seleccionar tarjeta sd y hacer clic en x.	
Con puntero ir a menú (13)/configuración y con puntero verificar y/o seleccionar las siguientes configuraciones en el lugar de los parámetros que están entre comillas: <u>Entrada:</u> Entrada- "Conector Superior", Transductor- "4189(2983281)", Correc. Campo Sonoro- "Campo Libre", Sonoridad-"Auto", Correc. Pantalla Antiviento-"Ninguna", Entrada Disparo-"Ninguna" y hacer clic en guion. <u>Ajustes Frecuenciales:</u> Banda ancha (Excl. Peak)- "AZ", Pico de banda ancha-"C", Espectro-"Z", Ancho de banda- "1/3 de octava", Frecuencia mínima-"12.5 Hz", Frecuencia máxima- "20 kHz" y hacer clic en guion. <u>Estadísticas:</u> Datos estadísticos de banda ancha basados en-"LXF", Datos estadísticos espectrales basados en-"LXF" y hacer clic en guion. <u>Control de medida:</u> Modo de medida – "Automático", Tiempo Preseleccionado – "01:00:00", Periodo de registro- "00:01:00", Sincronizar reloj-"No", Calibración inyección de carga-"ninguna" y hacer clic en guion. <u>Banda Ancha Registrada:</u> Estadísticas completas- "si", Parámetros de banda ancha- "Todos" y hacer clic en guion. <u>Parámetros de banda ancha registrados (100 ms):</u> Parámetro 1- "LAeq", Parámetro 2- "LAF", Parámetro 3-"LAS" y hacer clic en guion, el orden de los parámetros no importa. <u>Espectro registrado:</u> Datos estadísticos espectrales completos- "si", Parámetros espectrales – "todos" y hacer clic en guion. <u>Nota:</u> Cualquier otro parámetro no mencionado, no modificar.	
Con puntero ir a menú (13)/Calibración/colocar calibrador acústico/encender calibrador acústico/esperar 5 segundos/con puntero dar clic en iniciar calibración/esperar la luz indicadora naranja (9) y notificación de aceptar calibración/seleccionar si/cerrar en x.	
Con puntero Ir a menú (13)/explorador de plantilla/hacer clic con el puntero en el primer icono de guardar en el campo de estado, verificar que la plantilla del proyecto no tenga un asterisco y hacer clic en la x en caso contrario volver a repetir este paso.	
Colocar pantalla antiviento y observar en campo de estado el icono de pantalla antiviento.	
Con puntero ir a menú (13)/Añadir nota y escribir el punto de medición, fecha y día/ dar clic en x, ejemplo de nombramiento p13 31082015 lunes.	
Presionar el botón 9 para iniciar la medición y se pone una luz indicadora naranja.	
Presionar el botón 11 para guardar la medición cuando la luz indicadora sea verde, verificar que en el campo de estado la medición no tenga un asterisco después de oprimir el botón guardar (11).	

Para comprobar que la medición haya sido guardada con puntero ir a menú (13)/explorador y verificar que el archivo de medición se encuentre, el nombre del archivo de medición debe ser Med 001, el numero indica el numero mediciones que llevamos hasta ese momento.	
Quitar pantalla antiviento.	
Verificar valor de calibración.	

Cámara de grabación

En la PC ir a inicio/hacer clic en icono buscar/escribir elegir un plan de energía / seleccionar equilibrado/clic en cambiar la configuración del plan, verificar que en apagar pantalla y poner al equipo en estado de medición aparezca nunca.	
Conectar la cámara al puerto USB y abrir software Microsoft LifeCam ubicado en escritorio.	
Elegir resolución HD en configuración.	
Hacer clic en el tercer icono el cual es una cámara con la resolución elegida para iniciar grabación al mismo tiempo que el sonómetro y hacer nuevamente clic en el icono para finalizar grabación al término de la grabación del sonómetro.	
Hacer clic en la carpeta amarilla en Microsoft LifeCam y cambiar el nombre del archivo de grabación al mismo generado por el sonómetro ejemplo: Med 001.	

Veleta Kestrel

Jalar componente plateado junto con el plástico del extremo de la varita (extremo que termina en diagonal) y colocarlo en el ala de plástico.	
Jalar componente plateado junto con el plástico del otro extremo de la varita y colocarlo en la base Kestrel en la dirección que indica la flecha.	
Colocar base junto con veleta en tripie y nivelar.	
Colocar el anemómetro Kestrel 4500.	

Kestrel 4500 (Nota: Si la medición anterior no pudo ser guardada omitir borrar log-ir dela fila 5).

No abrir tapa ni mover pilas a menos que sea necesario el cambio de pilas (se descalibra el equipo).	
Encender Kestrel 4500 y levantar tapa del impulsor (botón rojo).	
Verificar que en modo viento no aparezca "sin calibrar".	
Si no está calibrado entrar a menú/sistema/cal compass/girar anemómetro 3 veces siguiendo las instrucciones en pantalla, en caso de mensaje de error apagar anemómetro, abrir la tapa de las pilas, mover un poco las pilas, encender anemómetro y repetir proceso.	
Ir a menú (botón rojo)/memoria/borrar log-- ir, auto-guardar--- sí, tasa—1 min, ManGuardar---si y sobrescribir--no.	
Ir a menú (botón rojo) / sistema/apagado-auto /15 min/regresar a cualquier medición con botón rojo.	
Ir a medición viento costado/curso/automático en dirección al tráfico.	
Dejar Kestrel en la veleta durante una hora (mismo tiempo que tarda el sonómetro).	
Al pasar la hora de medición Ir a menú/memoria/ tasa—12 hras/regresar con botón rojo/ir apagar	
Conectar la interfaz a la pc, ejecutar software krestel communicator, colocar Kestrel 4500 en la interfaz (apagado), elegir COM (es el que no tiene asignado el numero 3) encender Kestrel y esperar 20 segundos.	
Clic en Read Device Data, una vez detectado (aparecen datos en pantalla) clic a Load from Kestrel Tracker esperar 2 min (si el proceso fue correcto el kestrel de la pantalla cambia a color amarillo) sino repetir mismo paso.	
Clic en Dato Log para comprobar que estén los registros, clic en pestaña Kestrel Tracker y clic en save to file cambiamos nombre (igual al asignado al archivo del sonómetro) y guardar en mis documentos en carpeta kestrel.	
Cerrar software, apagar kestrel y desconectar interfaz.	
Comprobar que los datos se guarden correctamente: Abrir software kestrel communicator sin conectar interfaz, clic en software en Load from file, elegir archivo guardado previamente, clic en pestaña Data Log y verificar registros estén.	

Anexo D



Figura 14 : Ocasus (Zona Comercial).



Figura 15: Avenida 5 de febrero (Zona de trafico).



Figura 16: Col. Loma Dorada (Zona Habitacional Interior).



Figura 17: Col. San Joaquin (Zona Habitacional Exterior).

Anexo E

Punto	No. Obs.	STD por Punto	CV	STD prom
3	7	3.352	0.050	5.26
5	7	5.816	0.087	3.37
8	3	1.009	0.014	4.55
9	7	4.621	0.079	4.32
10	4	3.197	0.061	2.93
12	11	2.219	0.041	2.59
13	6	6.377	0.109	2.91
14	10	2.900	0.065	2.45
15	3	3.764	0.066	5.40
20	3	1.022	0.015	3.70

Tabla 20: Puntos críticos de medicion.

No. Obs. Por día	STD prom día	Día
26	4.87	do
18	3.83	ju
30	4.27	lu
19	4.09	ma
14	3.84	mi
25	4.11	sa
22	4.71	vi

Tabla 21: Desviacion estandar dia.

Punto	No. Obs.	STD prom
15	3	5.40
8	3	4.55
10	4	2.93

Tabla 22: Observaciones menores a 5.