



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“ESTUDIO Y PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO  
AMBIENTAL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PUYO”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**ING. EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR**

**HÉCTOR AUGUSTO REYES JIMÉNEZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

## **AGRADECIMIENTO**

*En la finalización de esta etapa tan importante de mi vida debo expresar mis más sincero y profundo agradecimiento a muchas personas que de una u otra manera me brindaron todo su comprensión y apoyo, en primer lugar al ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por haberme acogido en sus aulas todos estos años, al ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN PASTAZA en la persona de la Ing. Anita Jiménez y la arquitecta Gloria Veloz por el apoyo brindado, al Dr. José Vanegas Director de Escuela de Ciencias Químicas, al Dr. Arquímedes Hào Director de la presente tesis por los conocimientos adquiridos, a la Dra. Janneth Jara miembro del tribunal , a mi Padre y hermanos pero sobre todo a una persona en especial: mi abuela Sara María Esparza Viera quien con su apoyo incondicional me ha formado como persona y gracias a ella he logrado culminar mis estudios superiores, y a todos aquellos que me apoyaron durante toda esta etapa que culmina .*

*¡Muchas gracias!*

**AUGUSTO REYES**

## **DEDICATORIA**

*Creo conveniente dedicar esta tesis a una persona en especial, mi abuela Sara María Esparza Viera por creer en mí porque gracias a ella culmino mis estudios superiores y soy una persona de bien, por ser prácticamente como mi madre, por sus consejos, su paciencia, su sabiduría ha sabido guiarme por el correcto camino mostrándome la luz siempre en medio de la oscuridad y las tinieblas; de corazón le agradezco y dedico de hoy en adelante todos mis logros y triunfos como este, gracias por todo lo que haces e hiciste por mí, abuelita.*

**AUGUSTO REYES**

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“ESTUDIO Y PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PUYO”**, de responsabilidad del señor egresado Héctor Augusto Reyes Jiménez ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Yolanda Díaz DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS.	_____	_____
Dr. José Vanegas DIRECTOR DE LE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	_____	_____
Dr. Arquímedes Hào DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Dra. Janneth Jara MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Sr. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE TESIS ESCRITA	_____	_____

Yo, Héctor Augusto Reyes Jiménez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

---

**HÉCTOR AUGUSTO REYES JIMÉNEZ**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>A</b>	Filtro de Ponderación A
<b>B</b>	Filtro de Ponderación B
<b>c</b>	Velocidad del Sonido
<b>C</b>	Filtro de Ponderación C
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>D</b>	Filtro de Ponderación D
<b>dB</b>	Decibeles
<b>dB(A)</b>	Decibeles con Ponderación A
<b>dB(B)</b>	Decibeles con Ponderación B
<b>dB(C)</b>	Decibeles con Ponderación C
<b>dB(D)</b>	Decibeles con Ponderación D
<b><i>f</i></b>	Frecuencia
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>Hz</b>	Hercios
<b>KHz</b>	Kilohercios
<b>Leq</b>	Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente
<b>Log</b>	Logaritmo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros Cuadrados
<b>m</b>	Metros
<b>min</b>	Minutos
<b>ms</b>	Milisegundos
<b>N</b>	Newton
<b>NPSeq A</b>	Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Ponderado
<b>NPSpeak</b>	Nivel de Presión Sonora Instantánea Máxima
<b>NPSeq</b>	Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente
<b>NPSmax</b>	Nivel de Presión Sonora Máximo
<b>NPSmin</b>	Nivel de Presión Sonora Mínima
<b>Ps</b>	Presión Sonora

<b>s</b>	Segundos
<b>T</b>	Período
<b>T.U.L.A.S.</b>	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
<b>λ</b>	Letra Griega Lambda, Longitud de Onda

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	6
ÍNDICE GENERAL .....	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	12
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
JUSTIFICACIÓN .....	16
OBJETIVOS.....	18
OBJETIVO GENERAL:.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	18

### CAPÍTULO I

1 -MARCO TEÓRICO .....	20
1.1 SONIDO.....	20
1.2 PROPIEDADES Y CUALIDADES DEL SONIDO.....	21
1.2.1 Intensidad .....	21
1.2.2 Amplitud. ....	23
1.2.3 Frecuencia. ....	23
1.2.4 Velocidad .....	23
1.2.5 Longitud de Onda .....	24
1.2.6 Período .....	25
1.2.9 Potencia Sonora.....	26
1.2.7 Presión sonora .....	26
1.3 EL SONIDO Y SU PROPAGACIÓN .....	26
1.4 UNIDADES DE MEDIDA .....	26
1.4.1 Belio.....	26
1.4.2 Decibel (dB).....	27
1.5 LA ESCALA DE NIVELES SONOROS.....	27
1.6 RUIDO.....	28
1.8 TIPOS DE RUIDO.....	30
1.8.1 Tipos de ruido en función de su duración.....	30
1.8.1.1 Ruido estable.....	30
1.8.1.2 Ruido fluctuante.....	30
1.8.1.3 Ruido impulsivo .....	30
1.8.3 Tipos de ruido según su origen .....	31
1.8.3.1 Ruido de la fuente .....	31
1.8.3.2 Ruido de la comunidad .....	31
1.8.3.3 Ruido en el ambiente laboral .....	31



1.8.3.4 Ruido ambiente .....	31
1.8.3.5 RUIDO DE FONDO.....	32
1.9 EL RUIDO, UN PROBLEMA AMBIENTAL DE PRIMER ORDEN .....	32
1.10 FUENTES EMISORAS Y MEDIDAS DE CONTROL .....	32
1.10.1 Transporte .....	32
1.10.1.1 Tráfico rodado.....	32
1.10.1.2 Tráfico aéreo .....	33
1.10.1.3 Tráfico ferroviario .....	33
1.10.2 Industria .....	33
1.10.4 Otras fuentes.....	33
1.11.1.1 Ruido urbano.....	34
1.11.1.2 Ruido de tráfico.....	34
1.11.1 Ruido industrial. ....	37
1.11.2 Otras fuentes sonoras.....	38
1.12 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD .....	38
1.12.1 Efectos del ruido sobre la audición.....	38
1.12.1.1 Fisiología de la audición.....	38
1.12.1.2 Hipoacusia inducida por ruido.....	39
1.12.1.3 Trauma acústico .....	40
1.12.1.4 Elevación temporal y/o permanente del umbral auditivo .....	40
1.12.2 Efectos del ruido ambiental sobre el organismo .....	42
1.12.2.1. Alteraciones cardiovasculares.....	42
1.12.2.2. Alteraciones hormonales.....	42
1.12.2.3. Alteraciones respiratorias .....	43
1.12.2.4 Alteraciones del sueño.....	43
1.12.3 Efectos psicológicos del ruido ambiental .....	44
1.12.3.1. Malestar .....	44
1.12.3.2. Alteraciones en el aprendizaje .....	45
1.13 MEDICIÓN DEL RUIDO .....	46
1.13.1 Influencia del Ruido de Fondo .....	46
1.13.2 Medidas con Sonómetro .....	47
1.13.3 Redes de Ponderación.....	49
1.13.3.1 Selección de la red de ponderación en frecuencia.....	49
1.13.3.2 Selección de la red de ponderación en tiempo .....	50
1.13.4 Elección del parámetro descriptor del ruido .....	50
1.14 INSTRUMENTOS DE MEDIDA ACÚSTICA .....	51
1.14.1 El sonómetro .....	51

## CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
2.1 INFORMACION GENERAL DEL CANTÓN PASTAZA.....	55
2.1.1 Localización Geográfica.....	55
2.1.2 Extensión Territorial.....	55
2.1.3 Altitud.....	55
2.1.4 Límites.....	55
2.1.5 Clima.....	55
2.1.6 División Política.....	56
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.....	57
2.2.1 Área de Estudio.....	57
2.2.2 Caracterización del Área de Estudio.....	58
2.2.3 Parque automotor.....	60
2.2.4 Histórico del Parque Automotor en la Provincia de Pastaza.....	61
2.2.5 TRANSPORTE PÚBLICO EN LA PROVINCIA DE PASTAZA.....	62
2.2.6 Transporte Público Intracantonal.....	63
2.2.6.1 Transporte en las parroquias sin acceso carrozable.....	63
2.2.7 Transporte Colectivo Urbano.....	63
2.2.8 Transporte Comercial.....	64
2.2.9 Transporte Particular.....	64
2.3 DATOS COMPLEMENTARIOS:.....	65
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	66
2.4.1 Materiales.....	66
2.4.2 Equipos.....	66
2.4.3. Métodos.....	66
2.4.3.1 Diseño completamente al azar.....	66
2.4.3.2 Métodos y equipos empleados.....	68
2.3.3.3 Descripción de métodos.....	68

## CAPÍTULO III

3. PARTE EXPERIMENTAL.....	73
3.1. PUNTOS DE MONITOREO.....	73
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	74
3.3 TOMA DE DATOS.....	75
3.4 RUIDO DE FONDO.....	76
3.5 MONITOREO DE RUIDO.....	76
3.5.1 Punto 1.....	77
3.5.2 Punto 2.....	79
3.5.3 Punto 3.....	81
3.5.4 Punto 4.....	83
3.5.5 Punto 5.....	85
3.5.6 Punto 6.....	87
3.5.7 Punto 7.....	89
3.5.8 Punto 8.....	91
3.5.9 Punto 9.....	93

3.5.10 Punto 10 .....	95
3.5.11 Punto 11 .....	97
3.5.12 Punto 12 .....	99
3.5.13 Punto 13 .....	101
3.5.14 Punto 14 .....	103

## **CAPÍTULO IV**

4. RESULTADOS.....	106
4.1. TRATAMIENTO DE LOS DATOS DE RUIDO.....	106

## **CAPÍTULO V**

PROPUESTA DE PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE PUYO.....	118
5.1 PRESENTACIÓN.....	118
5.2 OBJETIVOS .....	119
5.3 ASPECTOS NORMATIVOS .....	119
5.4 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	120
5.4.1 Información y educación.....	120
5.4.1.1 CONDUCTORES .....	121
5.4.1.2 PEATONES Y COMERCIANTES INFORMALES .....	121
5.4.2 Medidas Normativas.....	121
5.5 APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....	122

## **CAPÍTULO VI**

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
6.1 CONCLUSIONES .....	124
6.2 RECOMENDACIONES .....	126

<b>RESUMEN .....</b>	<b>127</b>
----------------------	------------

<b>SUMARY.....</b>	<b>128</b>
--------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>129</b>
---------------------------	------------

## **ÌNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO 1**

Fotos de los puntos de muestreo.....	133
--------------------------------------	-----

### **ANEXO II**

Velocidad y direccion del viento en el puyo .....	147
---	-----

### **ANEXO III**

Características del sonometro utilizado .....	148
---	-----

## ÌNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 2 Longitud de onda .....	25
ECUACIÓN 3 Periodo.....	26
ECUACIÓN 4 Nivel de presión acústica .....	27
ECUACIÓN 5 Modelo estadístico .....	67
ECUACIÓN 6 Promedio logarítmico .....	106

## ÌNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Longitud de onda.....	24
FIGURA 2. Longitud de onda necesaria para completar un ciclo.....	24
FIGURA 3. Longitudes de onda 20°C y presión atmosférica normal. ....	25
FIGURA 4. Escala de niveles sonoros de presión. ....	28
FIGURA 5 Cuadrícula para realizar correcciones.....	47
FIGURA 6. Altura del micrófono del sonómetro.....	48
FIGURA 7 Sonómetro utilizado en el estudio. ....	51
FIGURA 8 Diagrama de bloques de los componentes de un sonómetro.....	52
FIGURA 9 Macro localización: Ecuador, Pastaza – Pastaza- Puyo.....	57
FIGURA 10 Micro localización:Cantón Pastaza,Parroquia Puyo (división parroquial) .....	58
FIGURA 11 Zona de estudio (I).....	59
FIGURA 12 Zona de estudio (II).....	60
FIGURA 13 Composición del parque automotor de Pastaza.....	60
FIGURA 14 Histórico del parque automotor en Pastaza .....	61
FIGURA 15 Transporte público de Pastaza.....	62
FIGURA 16 Transporte urbano .....	63
FIGURA 17 Mapa puntos de conflicto en la ciudad de Puyo .....	73
FIGURA 18 Mapa puntos de muestreo.....	75
FIGURA 19 Datos medidos de nivel de ruido del punto 1 .....	77
FIGURA 20 Datos medidos de nivel de ruido del punto 1 .....	78
FIGURA 21 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 1.....	78
FIGURA 22 Datos medidos de nivel de ruido del punto 2 .....	79
FIGURA 23 Datos medidos de nivel de ruido del punto 2 .....	80
FIGURA 24 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 2.....	80
FIGURA 25 Datos medidos de nivel de ruido del punto 3 .....	81
FIGURA 26 Datos medidos de nivel de ruido del punto 3 .....	82

FIGURA 27 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 3 .....	82
FIGURA 28 Datos medidos de nivel de ruido del punto 4 .....	83
FIGURA 29 Datos medidos de nivel de ruido del punto 4 .....	84
FIGURA 30 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 4 .....	84
FIGURA 31 Datos medidos de nivel de ruido del punto 5 .....	85
FIGURA 32 Datos medidos de nivel de ruido del punto 5 .....	86
FIGURA 33 datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 5.....	86
FIGURA 34 Datos medidos de nivel de ruido del punto 6 .....	87
FIGURA 35 Datos medidos de nivel de ruido del punto 6 .....	88
FIGURA 36 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto.....	88
FIGURA 37 Datos medidos de nivel de ruido del punto 7 .....	89
FIGURA 38 Datos medidos de nivel de ruido del punto 7 .....	90
FIGURA 39 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 7.....	90
FIGURA 40 Datos medidos de nivel de ruido del punto 8 .....	91
FIGURA 41 Datos medidos de nivel de ruido del punto 8 .....	92
FIGURA 42 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 8.....	92
FIGURA 43 Datos medidos de nivel de ruido del punto 9 .....	93
FIGURA 44 Datos medidos de nivel de ruido del punto 9 .....	94
FIGURA 45 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 9.....	94
FIGURA 46 Datos medidos de nivel de ruido del punto 10 .....	95
FIGURA 47 Datos medidos de nivel de ruido del punto 10 .....	96
FIGURA 48 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 10.....	96
FIGURA 49 DATos medidos de nivel de ruido del punto 11 .....	97
FIGURA 50 Datos medidos de nivel de ruido del punto 11 .....	98
FIGURA 51 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 11 .....	98
FIGURA 52 DATos medidos de nivel de ruido del punto 12 .....	99
FIGURA 53 Datos medidos de nivel de ruido del punto 12 .....	100
FIGURA 54 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 12.....	100
FIGURA 55 DATos medidos de nivel de ruido del punto 13 .....	101
FIGURA 56 Datos medidos de nivel de ruido del punto 13 .....	102
FIGURA 57 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 13.....	102
FIGURA 58 DATos medidos de nivel de ruido del punto 14 .....	103
FIGURA 59 Datos medidos de nivel de ruido del punto 14 .....	104
FIGURA 60 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 14.....	104

## ÍNDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1 Número de vehículos motorizados por cada 1000 habitantes. ....	64
GRÁFICO 2 Resultados finales punto 1 .....	109
GRÁFICO 3 Resultados finales punto 2.....	109
GRÁFICO 4 Resultados finales punto 3.....	109
GRÁFICO 5 Resultados finales punto 4.....	110
GRÁFICO 6 Resultados finales punto 5.....	111
GRÁFICO 7 Resultados finales punto 6.....	111
GRÁFICO 8 Resultados finales punto 7.....	112
GRÁFICO 9 Resultados finales punto 8.....	112
GRÁFICO 10 Resultados finales punto 9.....	113
GRÁFICO 11 Resultados finales punto 10.....	113
GRÁFICO 12 Resultados finales punto 11.....	114
GRÁFICO 13 Resultados finales punto 12.....	114
GRÁFICO 14 Resultados finales punto 13.....	115
GRÁFICO 15 Resultados finales punto 14.....	115
GRÁFICO 16 NPseq Max, NPseq min, NPseq Final Norma en cada punto .....	115

## INTRODUCCIÓN

La percepción de un sonido es un componente fundamental en la vida del hombre. Hace posible la comunicación entre las personas puede poner en alerta ante un peligro o crear sensaciones de placer, sin embargo el ruido no siempre es útil o placentero puede ser indeseado o fastidioso y se convierte en ruido.

Si el nivel de ruido supera cierto umbral provoca desgrado, molestias físicas y psicológicas y puede incidir profundamente en el estado de salud del individuo constituyendo un componente negativo que contamina el ambiente, en el ciudad la contaminación acústica es un fenómeno en aumento y si bien son numerosas las fuentes de sonido dentro de las habitaciones (actividad humana Tv, radio, electrodomésticos, etc.) es desde el exterior de donde llega la mayor perturbación (tráfico vehicular, ferroviario, aéreo, establecimientos industriales, artesanales etc.)

Sólo en los últimos años se ha desarrollado la conciencia sobre el peligro que la contaminación sonora presenta para la salud humana, fundamental para este reconocimiento.

La ciudad del Puyo presenta una acelerada contaminación sonora, proveniente básicamente por el auge comercial, turístico y urbanístico, así como la densidad del tráfico vehicular que circula sobre las principales vías que atraviesan las diferentes áreas en que están asentadas las comunidades.

Así las cosas, esta problemática debe exhortar a las entidades encargadas de la gestión ambiental a desarrollar actividades de vigilancia y control, así como al diseño de sistemas metódicos que cuantifiquen el impacto que se genera, con el propósito de establecer las medidas de regulación e intervención requeridas para mitigar y controlar sus efectos sobre la comunidad expuesta.

## JUSTIFICACIÓN

El ruido ambiental es un problema mundial, sin embargo, la forma en que es tratado difiere considerablemente dependiendo del país, nivel de desarrollo socio cultural, economía, política y turismo.

La contaminación acústica causada por distintos agentes, tales como el tráfico vehicular, actividades industriales, comerciales y recreativas, constituye uno de los principales problemas medioambientales en las ciudades en desarrollo generando cada vez mayor número de quejas por parte de los habitantes.

Este es el caso de Puyo, una ciudad en pleno crecimiento, y por lo tanto, con expansión de muchas actividades que potencialmente son ruidosas.

El resultado de dicho desarrollo a la vez va generando serios problemas de diferente índole como en este caso la contaminación por ruido ambiental, también la falta de conciencia ambiental por parte de la comunidad que aquí habita. Por tal razón se ha visto conveniente la realización del presente trabajo que se basa en la aplicación de una metodología válida precisa y entendible para la medición del ruido que se genera en esta ciudad, en las zonas de mayor congestión debido a las actividades diarias que aquí se llevan a cabo para de este forma trabajar conjuntamente con las autoridades del Ilustre Municipio del Cantón Pastaza a implementar planes de control o mitigación de ruido.

Esta investigación presenta algunas líneas de acción y de trabajo a ser consideradas como futuras guías para las instituciones encargadas de temas como la fiscalización, planificación territorial o demandas viales.

En esta tesis, se muestra un estudio y análisis del ruido ambiental presente en la ciudad de Puyo, realizado a través de mediciones puntuales de ruido en diferentes lugares de la ciudad en la zona urbana.



Se aplica una metodología acorde con los objetivos planteados para el estudio, la zona evaluada, sus características urbanas y costo asociado para los gastos operacionales además se propone un plan de reducción de los niveles de ruido en las zonas que lo requieran, mediante un plan de mitigación de ruido ambiental si el estudio así lo amerita

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Determinar el nivel de ruido ambiental en la ciudad de Puyo en la zona céntrica en lugares donde se genera mayor congestión.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar un diagnóstico inicial de la zona
- Identificar las fuentes de ruido presentes en la zona urbana de la ciudad de Puyo.
- Diseñar un plan de muestreo
- Proponer plan de mitigación de ruido para el área en estudio

# CAPÍTULO I

# CAPÍTULO I

## 1 -MARCO TEÓRICO

### 1.1 Sonido

Es una alteración física producida por ondas sonoras, en un medio (un gas, líquido o sólido) que puede ser detectada por el oído humano, también puede definirse como la sensación auditiva excitada por una perturbación física en un medio. El medio por el cual viajan las ondas sonoras ha de poseer masa y elasticidad. Por tanto, las ondas sonoras no viajarán a través de un vacío. (11)

Estas variaciones de presión se originan de muchas maneras, por ejemplo:

- Por una corriente de aire pulsante, como la que producen las aspas del ventilador al girar.
- Por torbellinos, que se producen cuando una corriente de aire choca con una obstrucción, como ocurre en una salida de aire en un sistema de ventilación.
- Por el vuelo supersónico de un avión, que crea ondas de choque.
- Por la vibración de una superficie, por ejemplo, una partición.

Los elementos indispensables para que exista el sonido son:

- Fuente sonora
- Camino de transmisión
- Receptor·(11)

El sonido se forma mediante las vibraciones mecánicas que llegan al oído interno, todo esto es transmitido a través del aire, nuestro oído capta una vibración de frecuencia

comprendida entre unos 15 y 20.000 hercios y es el cerebro quien transforma para nosotros estas vibraciones en sonido.(11)

El hercio (Hz) es una unidad de frecuencia que corresponde a un ciclo por segundo. De este modo se llamarían infrasonidos a las vibraciones cuya frecuencia fuese menor de 15 Hz y ultrasonidos a las que oscilan por encima de los 20 Khz. (Kilo Hertzios) (9)

Con la producción y propagación de ondas vibratorias, podemos referirnos a las ondas de sonido, estas pueden propagarse de forma transversal o longitudinal.

El transversal es el movimiento transmitido desde un extremo hasta el otro, o del centro hacia fuera, como las ondas que se forman en el agua cuando se tira una piedra; por el contrario el longitudinal en el que 43a medida que la energía del movimiento ondulatorio se propaga alejándose del centro de la perturbación, las moléculas de aire individuales que transmiten el sonido se mueven hacia delante y hacia atrás, de forma paralela a la dirección del movimiento ondulatorio. (9)

## **1.2 Propiedades y Cualidades del Sonido**

El término «sonido» tiene un doble sentido: por un lado se emplea en sentido subjetivo para designar la sensación que experimenta un observador cuando las terminaciones de su nervio auditivo reciben un estímulo, pero también se emplea en sentido objetivo para describir las ondas producidas por compresión del aire que pueden estimular el nervio auditivo de un observador. (9)

### **1.2.1 Intensidad**

La intensidad del sonido percibido, o propiedad que hace que éste se capte como fuerte o como débil, está relacionada con la intensidad de la onda sonora correspondiente, también llamada *intensidad acústica*. La intensidad acústica es una magnitud que da idea de la cantidad de energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda. (9)

Se define como la energía que atraviesa por segundo una superficie, unidad dispuesta perpendicularmente a la dirección de propagación. Equivale a una potencia por unidad de

superficie y se expresa en  $W/m^2$ . La intensidad de una onda sonora es proporcional al cuadrado de su frecuencia y al cuadrado de su amplitud y disminuye con la distancia al foco. (9)

La magnitud de la sensación sonora depende de la intensidad acústica, pero también depende de la sensibilidad del oído. El intervalo de intensidades acústicas que va desde el *umbral de audibilidad*, o valor mínimo perceptible, hasta el *umbral del dolor*. (9)

La intensidad fisiológica o sensación sonora de un sonido se mide en decibelios (dB). Por ejemplo, el umbral de la audición está en 0 dB, la intensidad fisiológica de un susurro corresponde a unos 10 dB y el ruido de las olas en la costa a unos 40 dB. La escala de sensación sonora es logarítmica, lo que significa que un aumento de 10 dB corresponde a una intensidad 10 veces mayor por ejemplo, el ruido de las olas en la costa es 1.000 veces más intenso que un susurro, lo que equivale a un aumento de 30 dB. (9)

Debido a la extensión de este intervalo de audibilidad, para expresar intensidades sonoras se emplea una escala cuyas divisiones son potencias de diez y cuya unidad de medida es el decibelio (dB). (9)

La conversión entre intensidad y decibelios sigue esta ecuación:

$$S = 10 \text{Log} \frac{I}{I_0}$$

Ecuación 1 conversión intensidad y decibelios

Donde  $I_0 = 10^{-12} W/m^2$  y corresponde a un nivel de 0 decibelios por tanto. El *umbral del dolor* corresponde a una intensidad de  $1 W/m^2$  o 120 dB.

Ello significa que una intensidad acústica de 10 decibelios corresponde a una energía diez veces mayor que una intensidad de cero decibelios; una intensidad de 20 dB representa una energía 100 veces mayor que la que corresponde a 0 decibelios y así sucesivamente. (9)

La intensidad debida a un número de fuentes de sonido independientes es la suma de las intensidades individuales (1)

### **1.2.2 Amplitud.**

La primera propiedad que una onda de sonido ha de tener es la amplitud. Subjetivamente, la intensidad de un sonido corresponde a nuestra percepción del mismo como más o menos fuerte. Cuando elevamos el volumen de la cadena de música o del televisor, lo que hacemos es aumentar la intensidad del sonido. La amplitud es la distancia por encima y por debajo de la línea central de la onda de sonido. La línea central es la línea horizontal, llamada cero grados. La mayor distancia arriba y debajo de la línea central nos da el volumen del sonido. (Volumen es la palabra que se utiliza en los amplificadores de sonido). Si trabajáramos con estaciones o editores de audio digital, lo llamaríamos amplitud. (10)

### **1.2.3 Frecuencia.**

La segunda propiedad es la frecuencia. Se mide en Hercios (Hertz, Hz) y nos permite saber a cuantos ciclos por segundo va esa onda. Un ciclo es cuando la onda sube hasta un punto máximo de amplitud, baja hasta atravesar la línea central y llega hasta el punto de amplitud máximo negativo y vuelve a subir hasta alcanzar la línea central. El *tono* o *altura* de un sonido depende de su frecuencia, es decir, del número de oscilaciones por segundo. Esta medida, que puede tener cualquier longitud, se conoce como longitud de onda y el número de veces que pasa esto en un segundo, se conoce como frecuencia de la onda. Cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo será el sonido. Cuantos más ciclos por segundo, más elevado será el tono. Así, la frecuencia hace el tono. La altura de un sonido corresponde a nuestra percepción del mismo como más grave o más agudo. Esto puede comprobarse, por ejemplo, comparando el sonido obtenido al acercarse un trozo de cartulina a una sierra de disco: cuanto mayor sea la velocidad de rotación del disco más alto será el sonido producido. Cada nota musical, tiene un valor en Hercios. Nosotros vemos las frecuencias representadas en nuestras mesas de mezclas o grabación como un conjunto. (1)

### **1.2.4 Velocidad**

Esta es la propiedad más simple y precisa del sonido. La velocidad del sonido en un medio puede medirse con gran precisión. Se comprueba que dicha velocidad es independiente de la frecuencia y la intensidad del sonido, dependiendo únicamente de la

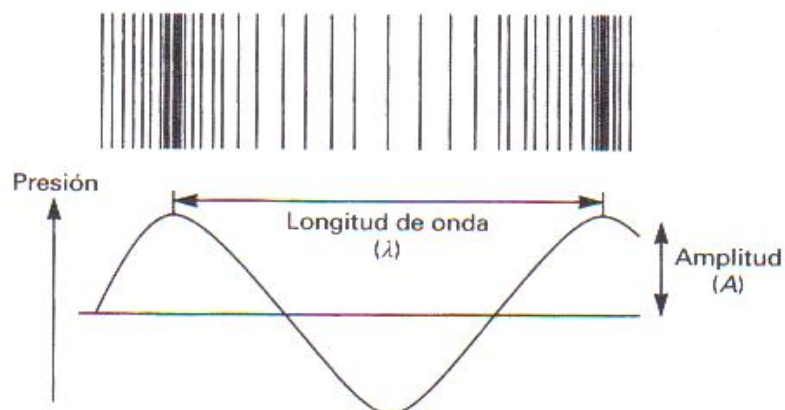
densidad y la elasticidad del medio. Así, es mayor en los sólidos que en los líquidos y en éstos mayores que en los gases. En el aire, y en condiciones normales, es de 330,7 m/s. (8)

La temperatura del aire tiene un efecto significativo sobre la velocidad del sonido. La velocidad aumenta en aproximadamente 0,61m/seg. Por cada aumento de 1°C en la temperatura. (8)

### 1.2.5 Longitud de Onda

El sonido es un movimiento ondulatorio que se propaga a través de un medio elástico, por ejemplo el aire. Su origen es un movimiento vibratorio, tal como la vibración de una membrana, y cuando llega a nuestro oído hace que el tímpano adquiera un movimiento vibratorio similar al de la fuente de la que proviene. (8)

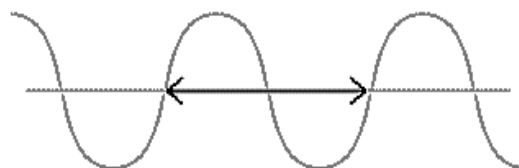
Figura 1 Longitud de onda



Fuente: HARRIS, Cyril. 1995

La longitud de onda de un sonido es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase.

Figura 2. Longitud de onda necesaria para completar un ciclo.



Fuente: HARRIS, Cyril. 1995



Esta longitud es la misma distancia que la recorrida por la onda sonora en un ciclo completo de vibración. (11)

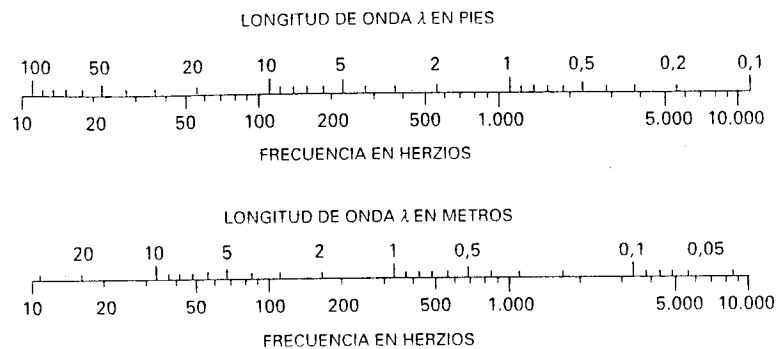
La longitud de onda, que se designa mediante la letra griega lambda,  $\lambda$ , está relacionada con la frecuencia  $f$  (en hercios) y la velocidad del sonido  $c$  (en metros o pies por segundo) mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda f = c$$

Ecuación 2 longitud de onda

La longitud de onda se expresa en metros o pies, dependiendo del sistema de unidades empleado. Por conveniencia, la relación presentada en la Ecuación (2) se muestra gráficamente en la Figura 3: (11)

Figura 3. Longitudes de onda de un sonido en el aire a 20°C y presión atmosférica normal.



Fuente: HARRIS, Cyril. 1995.

### 1.2.6 Período

El tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación medido en segundos, es decir el inverso de la frecuencia se obtiene mediante la ecuación:(11)

$$T = \frac{L}{f}$$

Ecuación 3 periodo

### **1.2.9 Potencia Sonora**

Se define como la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente sonora determinada. (9)

### **1.2.7 Presión sonora**

“Cuando se produce un sonido, la presión del aire que nos rodea cambia levemente según avanza la onda de propagación, aumentando y disminuyendo en pequeñas fracciones de segundo. Esta diferencia instantánea de presión debida a la onda sonora se llama presión sonora. (9)

La presión sonora tolerable es muy pequeña comparada con la presión atmosférica. Una presión sonora mil veces menor que la atmosférica nos provocará dolor en los oídos e incluso riesgo de pérdida auditiva. (9)

## **1.3 El sonido y su propagación**

Las ondas que se propagan a lo largo de un muelle como consecuencia de una compresión longitudinal del mismo constituyen un modelo de ondas mecánicas que se asemeja bastante a la forma en la que el sonido se genera y se propaga. Las ondas sonoras se producen también como consecuencia de una compresión del medio a lo largo de la dirección de propagación. Son, por tanto, ondas longitudinales. (13)

## **1.4 Unidades de Medida**

### **1.4.1 Belio**

Unidad con la que se miden diversas magnitudes relacionadas con la sensación fisiológica originada por los sonidos, por ejemplo, la sonoridad, la intensidad acústica, el poder Amplificador o atenuador, etc. Se emplea el decibel. (5)

### 1.4.2 Decibel (dB)

Unidad a dimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora; es diez veces el logaritmo decimal de su relación numérica el belio. (5)

Existe una relación logarítmica, adoptándose como unidad de medida de los niveles de presión acústica el decibelio (dB).

El oído es sobre todo sensible a las frecuencias medias (comprendidas entre 500 y 2000Hz). Por esta razón los aparatos de medida están dotados de un filtro "A" "que reconstruye lo que percibe el oído humano. (5)

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_o^2}$$

Ecuación 4 Nivel de presión acústica

### 1.5 La escala de niveles sonoros.

La respuesta del oído a la energía sonora no es lineal. Por ello, es lógico utilizar una escala no lineal para medir niveles sonoros. En realidad, la respuesta del oído humano es logarítmica, y por lo tanto se utilizan escalas logarítmicas para medir los niveles sonoros. (13)

La escala más comúnmente utilizada en Acústica es la de decibelios de presión.

La presión de referencia es tal que, a una frecuencia de 1.000 Hz, el umbral de audición esté a 0 dB. La figura 4 ilustra con algunos ejemplos la escala de niveles sonoros:(13)

Figura 4. Escala de niveles sonoros de presión.

<u>Decibelios (dB)</u>	<u>Ejemplos típicos</u>
140	Umbral del dolor
130	
120	Molestia
110	
100	Martillo neumático
90	
80	Tráfico denso
70	
60	Conversación calmada
50	
40	Sala de estar
30	
20	Campo muy tranquilo
10	
0	Umbral de audición

Fuente: STEE-EILAS, Parte III, 2001 .

## 1.6 Ruido

El ruido se define como un sonido no deseado. El grado de «inestabilidad» es, con frecuencia, una cuestión psicológica puesto que los efectos del ruido pueden variar desde una molestia moderada a la pérdida permanente de audición. (5)

Por tanto, los beneficios de reducir un ruido específico con frecuencia son difíciles de determinar. Aunque el impacto de una fuente de ruido concreta se limita a un área específica, el ruido es tan penetrante que es casi imposible evitarlo. Las fuentes habituales de ruido incluyen el tráfico, la industria y los vecinos, siendo generalmente estos últimos los más molestos, si bien el ruido industrial es habitualmente el origen de la mayoría de las quejas acústicas. (5)

Físicamente no hay distinción entre sonido y ruido. El sonido es una percepción sensorial y la forma compleja de los patrones de las ondas se denominan ruido, música palabra, etc. El ruido es un sonido no deseado y por lo tanto, corresponde a una clasificación subjetiva del sonido. Consecuentemente, no es posible definir el ruido exclusivamente en base de los parámetros físicos del ruido. Sin embargo, en algunas situaciones el sonido puede afectar negativamente a la salud debido a la energía acústica que contiene. (5)

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. (2)

Desde la perspectiva Psicofísica, el ruido se puede definir como un sonido no deseado. Otras formas de definir el ruido pueden ser:

- Sonido no querido por el receptor.
- Conjunto de sonidos no agradables.
- Sonido molesto, tanto en el lugar como a lo largo del tiempo.(2)

De estas definiciones se deduce que el ruido es una forma del sonido y se compone de una parte subjetiva que es la molestia y una parte objetiva que puede cuantificarse, que es el sonido propiamente dicho.(2)

### **1.7 Comportamiento del ruido**

El ruido se comporta de forma logarítmica en cuanto a amplitud por eso cuando hablamos de niveles sonoros vamos a tomar en cuenta varias reglas básicas del comportamiento del sonido.

- La suma de dos focos iguales origina un incremento de 3 dB. Sin embargo esto no implica que la sensación para el oído humano sea el doble del ruido, sino que necesitaría un incremento de 10 dB, es decir 10 veces de ruido, para que la sensación sea el doble. (16)
- También hay que tener en cuenta que si se emiten simultáneamente dos niveles de ruido por dos fuentes sonoras, siendo una de ellas al menos 10 dB superior a la otra, el nivel sonoro resultante es igual al originado por la más grande.(16)

Aparte de estas características de la sensibilidad del oído humano frente a las variaciones de nivel sonoro, hay que tener en cuenta que la sensación recibida por el oído no es igual a todas las frecuencias. (16)

## **1.8 Tipos de ruido**

En las diversas situaciones de nuestra vida habitual nos encontramos con todo tipo de ruidos desde los más agradables pasando por los tolerantes hasta los más desagradables e intolerantes, o desde los ruidos sumamente cortos pero de gran intensidad (explosión, sirena, claxon) hasta los ruidos permanentes en el tiempo pero de niveles bajos (aire acondicionado, ordenador). (16)

### **1.8.1 Tipos de ruido en función de su duración**

#### **1.8.1.1 Ruido Estable**

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto. (16)

Se entenderá que un ruido es de tipo estable cuando la diferencia entre el  $NPS_{max}$  y el  $NPS_{min}$  obtenidos durante una medición de un minuto, es menor o igual a 5 dB(A). (16)

#### **1.8.1.2 Ruido Fluctuante**

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora superiores a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto. (16)

Se entenderá que un ruido es de tipo fluctuante cuando la diferencia entre el  $NPS_{max}$  y el  $NPS_{min}$  obtenidos durante una medición de un minuto, es mayor a 5 dB(A). (16)

#### **1.8.1.3 Ruido Impulsivo**

Es aquel ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo. Se entenderá que un ruido es de tipo impulsivo cuando en el lugar o en el entorno que se presente, se produzcan impactos o sonidos muy breves (con una duración menor a 1 segundo) y de gran intensidad, tales como: golpes, caídas de materiales, disparos, entre otros. (16)

Un ruido no perderá la característica de impulsivo si los impulsos o impactos se repiten, siempre y cuando la separación entre dos impactos consecutivos sea mayor a un segundo, teniendo siempre presente que los impactos deben ser generados por acciones propias de las tareas o del ambiente laboral, descartándose aquellos eventos accidentales no relacionados con la actividad que ahí se da (16)

### **1.8.3 Tipos de ruido según su origen**

#### **1.8.3.1 Ruido de la fuente**

Es aquel ruido producido por una fuente aislada, y se lo mide en puntos bien definidos alrededor de la misma. (16)

#### **1.8.3.2 Ruido de la comunidad**

Es aquel ruido que se mide para evaluar las molestias en ambientes comunitarios, como en casa, calle, etc. (16)

#### **1.8.3.3 Ruido en el ambiente laboral**

Es aquel ruido presente en el ambiente laboral y se mide para determinar el riesgo de pérdidas de la audición, o las molestias que puede generar el ruido dentro de los estándares de la Ergonomía. (16)

#### **1.8.3.4 Ruido Ambiente**

Es aquel ruido total en un ambiente dado. (16)

La Directiva del Parlamento Europeo [UE 2002] define como ruido ambiental al sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana en el exterior, incluido el ruido emitido por medios de transporte, emplazamientos industriales o edificios industriales. El ruido urbano incluye todas las fuentes de ruido excepto el ruido al interior de los lugares industriales de trabajo [WHO 1995; 1999]. En general, el término ruido urbano hace referencia al ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas. (5)

### **1.8.3.5 Ruido de fondo**

Es el nivel de ruido ambiente sobre el que se deben presentar las señales o medir las fuentes de ruido. (16)

## **1.9 El ruido, un problema ambiental de primer orden**

El ruido es uno de los elementos que definen nuestro entorno cotidiano. En el ámbito urbano, es la molestia más común que tienen que soportar sus habitantes; el ámbito rural tampoco escapa a este problema, que se manifiesta tanto en la convivencia y actividad doméstica como en la mecanización de las actividades agrarias e incluso en las celebraciones festivas. Por tanto, se puede afirmar que el ruido es el contaminante ambiental que se presenta de una manera más persistente en el ambiente humano. (7)

El problema no es nuevo, ya que desde los tiempos más remotos el ruido forma parte de dicho ambiente. En la antigua Roma ya había quejas al respecto y se dictaron normas específicas. Posteriormente, a medida que las sociedades iban evolucionando, las causas del ruido aumentaban, sobre todo a partir de la revolución industrial. (7)

En cualquier caso, ninguna época anterior puede ser comparable con las fuentes de ruido que genera la sociedad actual, sobre todo en los países desarrollados. Los nuevos modelos de organización social y económica, el desarrollo tecnológico y el crecimiento de la población son factores claves en el aumento de la contaminación acústica. Se podría concretar en una frase: cada vez se realizan más actividades en un espacio vital menor. (7)

## **1.10 Fuentes emisoras y medidas de control**

Las actuales medidas de control en relación a las fuentes emisoras de ruidos son:

### **1.10.1 Transporte**

#### **1.10.1.1 Tráfico rodado.**

Distinguiremos entre medidas activas (neumáticos y pavimentos más silenciosos) y pasivas (encapsulado de motores, silenciadores, apantallamientos de vías de tráfico...). (7)



### **1.10.1.2 Tráfico aéreo.**

Limitación y planificación del mismo, aislamiento acústico de edificios... (7)

### **1.10.1.3 Tráfico ferroviario.**

Protecciones sonoras en los márgenes de las vías. (7)

## **1.10.2 Industria**

- Maquinarias más silenciosas.
- Aislamiento acústico.
- Protección de los trabajadores (dosímetro y cascos protectores). (7)

## **1.10.3 Construcción de edificios y obras públicas**

- Normativa legal sobre horarios.
- Maquinaria más silenciosa. (7)

## **1.10.4 Otras fuentes**

Nos referimos a ruidos en interior y exterior de edificios, locales públicos, actividades domésticas....Para el control de estas fuentes se utilizan medidas sobre paredes, techos, suelos, ventanas y puertas, que reduzcan el impacto sonoro y su transmisión.(7)

Es evidente que para la eficacia y el adecuado cumplimiento de estas medidas es necesario una legislación específica que exija y sancione la adopción ó no de las mismas y una mentalización ciudadana que las favorezca y demande en su caso. (7)

## **1.11 Causantes de la contaminación**

### **1.11.1 Causantes de la contaminación**

Las causas fundamentales de la contaminación acústica son, entre otras, el aumento espectacular del parque automovilístico, el hecho de que las ciudades no habían sido concebidas para soportar los medios de transporte, las actividades industriales, las obras públicas y la construcción, los servicios de limpieza y de recogida de basura, sirenas y

alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, y entre ellas, la creciente proliferación de botellones en áreas urbanas. (15)

#### **1.11.1.1 Ruido urbano.**

El ruido existente en las zonas urbanas está originado fundamentalmente por el tráfico rodado y, en menor cuantía, por el tráfico aéreo, las actividades industriales o artesanas, las obras públicas, etc. (16)

#### **1.11.1.2 Ruido de tráfico**

El ruido de tráfico generado por una vía de circulación, es una secuencia de sumas simultáneas de los niveles sonoros variables generados por los distintos vehículos que forman dicho tráfico. (16)(15)

Si la intensidad de tráfico en una carretera es baja, la distancia media entre vehículos es grande y el paso de ellos es prácticamente independiente del resto, con notables periodos de tiempo durante los cuales el ruido se mantiene constante o casi constante, en el nivel de fondo. (16)(15)

A medida que la intensidad de tráfico aumenta, la distancia media entre vehículos disminuye y cada vez se escucha menos el ruido de fondo. Cuando el tráfico es muy elevado el ruido es casi constante. (16)(15)

Para tráfico intermedios, hay un agrupamiento de vehículos, que hace que existan momentos durante los cuales el ruido de fondo no está generado por el tráfico de la carretera, mientras durante otros el nivel sonoro es superior al esperado, si no ocurriesen dichos agrupamientos. Esto es en gran parte debido al carácter aleatorio del tráfico, tanto en presencia de vehículos en un punto de la carretera como en la composición de los mismos. Esto hace que las variaciones del nivel sonoro sean aún mayores en estos casos. (16)

Estas continuas variaciones del nivel con el tiempo son debidas a:

- El carácter aleatorio del tráfico en calles y carreteras.
- La existencia en el tráfico de vehículos con muy distintas características mecánicas y con distinta emisión de ruido.
- La distinta velocidad de los vehículos, directamente relacionada con la emisión sonora.
- La influencia de la forma de conducción.
- El estado de conservación del vehículo.
- La fluidez del tráfico.
- La pendiente de la carretera o autopista.
- Las condiciones de propagación sonora desde la vía de circulación al observador.
- El trazado de la carretera y el estado del firme.

Muchas de estas variables son, sin duda, las que determinan el ruido final ambiental. (16)

#### **a) Motor**

Irradia el ruido de las explosiones y mecanismos en movimiento. Estudios realizados demuestran que de los motores más ruidosos el de Diesel supera al de carburación (gasolina), debido a que el proceso de combustión que hace requiere mayor presión, a mas de mayor velocidad de crecimiento en esta última fase de combustión; puede producir hasta 78 dB (A).(14)

#### **b) Admisión del aire**

Al pasar a través del filtro llega hasta los 75 dB(A). (14)

#### **c) Ventilador de refrigeración del motor**

Alcanza niveles hasta 82 dB(A). (14)

#### **d) Escape**

Emana ruido directamente hacia el exterior de hasta 85 dB(A), las nuevas formas de consumismo han llevado a cambiar la funcionalidad de este aparato, antes se utilizaba como silenciador, en la actualidad, es usado para simular el sonido de los autos de carrera. (14)

#### **e) Carrocería**

Produce ruido por efectos mecánicos, aerodinámicos o por algunas vibraciones, identificados principalmente en el transporte pesado. (14)

#### **f) Frenos**

Por lo general son poco ruidosos, a excepción de los usados por camiones y buses que son frenos de aire. (14)

#### **g) Los cláxones, bocinas, timbres, silbatos, campanas u otros aparatos análogos.**

El uso de bocinas o cualquier otra señal acústica dentro del casco urbano es uno de los principales problemas, en cuanto evidencia la falta de respeto de los conductores hacia el peatón; salvo en los casos inminentes de peligro de atropello o colisión o que se trate de servicios públicos de urgencia (Policía, Bomberos y Asistencia Sanitaria, Ambulancias) o defensa decisiva de bienes que no puedan evitarse por otros medios, su uso debe ser limitado. (14)

#### **h) Neumáticos**

A ciertas velocidades su efecto es superior a las demás fuentes, ya que para velocidades menores a 60 km/h alcanzan hasta 75 decibeles mientras que si se supera dicha velocidad pueden alcanzar 95 dB (A). (14)

También existen condiciones externas que pueden ocasionar que los automotores generen grandes emisiones acústicas. Una de estas se refiere a las emisiones por rodadura

(relacionados al contacto con el pavimento). Es necesario que se considere parámetros de evaluación que, de no ser tomados en cuenta, podrían magnificar los niveles acústicos, entre ellos tenemos:

- Labrado de las llantas
- Presión de inflado
- Estado de conservación
- Condiciones climáticas
- Velocidad(14)

### **i) Por el pavimento**

El pavimento liso es más ruidoso que el pavimento drenante debido a que absorbe parte de la energía sonora emitida por las fuentes móviles. De ahí que también existan factores que limitan los niveles de ruido como son: el estado de conservación del pavimento, pendientes de la calzada y el trazado geométrico de la vía. (14)

#### **1.11.1 Ruido industrial.**

El ruido industrial está originado fundamentalmente por el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas existentes en estos lugares y, en general por toda su actividad interna. La progresiva molestia que produce el ruido industrial está relacionada directamente con toda una serie de factores objetivos, tales como el aumento del nivel de industrialización en todo el mundo, la paulatina concentración de la actividad industrial en espacios limitados y el aumento de la potencia de las máquinas.

En líneas generales, el ruido industrial se caracteriza por presentar niveles de presión acústica relativamente elevados, con carácter impulsivo o ruidos de alta intensidad y corta duración.

Las obras públicas o la construcción tienen una gran importancia como causa de molestia. Los compresores, martillos neumáticos, excavadoras y vehículos pesados de todo tipo producen unos niveles de ruido tan elevados que, al margen de la significación de prosperidad y desarrollo que puedan simbolizar, son el blanco de muchas de las quejas de los residentes de las ciudades. (15)

### **1.11.2 Otras fuentes sonoras.**

En todas las ciudades modernas existen también otras fuentes sonoras que poseen un carácter singular y esporádico, aunque, por desgracia, su presencia se deja sentir en algunas ocasiones con excesiva frecuencia; éste es el caso de las sirenas de los centros educativos y de los coches de policía, bomberos y ambulancias o de las señales acústicas de los sistemas de seguridad. (17)

### **1.12 Efectos del ruido sobre la salud**

El ruido está claramente establecido como contaminante acústico, fundamentalmente en sociedades industrializadas y en vías de desarrollo, pero sobre todo en los centros urbanos densamente poblados. Tanto la sensibilidad como la aceptación del ruido presentan variaciones entre diferentes sujetos y entre diferentes culturas. (18)

Sin embargo, los efectos nocivos del ruido no respetan patrones culturales. Sus efectos sobre la salud, entendida ésta como “situación de bienestar físico y psicológico y no como mera ausencia de enfermedad” (O.M.S.), son numerosos e importantes. (18)

Con fines prácticos se ha subdividido los efectos del ruido sobre la salud en 3 grandes apartados:

- Efectos del ruido sobre la audición;
- Efectos del ruido ambiental sobre el organismo y
- Efectos psicológicos del ruido.(18)

Es importante aclarar que el ruido afecta de forma conjunta y simultánea a muchos de los sistemas y procesos que se verá a continuación, por lo que más que una enumeración deben verse diferentes aspectos de un mismo problema.

#### **1.12.1 Efectos del ruido sobre la audición**

##### **1.12.1.1 Fisiología de la audición**

Nuestro aparato auditivo consta de 3 partes diferenciadas:

- El oído externo (el pabellón auricular u oreja), que funciona a modo de antena receptora.(19)
- El oído medio, con el tímpano y la cadena de huesecillos, que funciona a modo de amplificador. Aquí existen unos pequeños músculos que en situaciones de ruido intenso se contraen dando rigidez a la cadena de huesecillos; esto provoca una mayor dificultad en el paso del sonido desde el oído externo al interno. Es un mecanismo de protección que desgraciadamente no funciona igual de bien en todas las personas. (19)
- El oído interno, es sin duda la parte más delicada. Está formado por varias estructuras, siendo la más importante la cóclea o caracol. Su lesión es la responsable de la pérdida de audición vinculada al ruido. Básicamente es una lámina de células altamente especializadas que está enrollada sobre si misma a modo de caracol. Las células localizadas en un punto determinado de dicha lámina solo son capaces de responder a una frecuencia determinada (a modo de diapasón), las de otra región a otra frecuencia y así sucesivamente hasta abarcar todo el espectro auditivo. Los diferentes estímulos son conducidos a la corteza cerebral donde se procesan para constituir nuestra "experiencia auditiva.(19)

Pero los nervios que salen del oído no sólo van a llegar a la llamada "corteza auditiva", también van a conectar con otros centros muy importantes como son el hipotálamo, que es el centro coordinador de nuestro sistema vegetativo y de respuesta neuroendocrina, o el sistema reticular ascendente, que controla en gran medida los sistemas de alerta y del sueño. Podemos, pues, ir deduciendo ya algunos de los posibles efectos del ruido tanto sobre la audición como sobre otras áreas de nuestro organismo. (19)

#### **1.12.1.2 Hipoacusia inducida por ruido.**

Digamos antes que hay dos tipos de hipoacusias: las conductivas y las perceptivas. Las hipoacusias conductivas se originan en algún mal funcionamiento del oído externo o del oído medio, es decir, constituyen trastornos de la conducción del sonido. Pueden deberse a una razón tan simple como una obstrucción del conducto auditivo por un tapón de cerumen, a un desgarramiento del tímpano (que normalmente se regenera en forma

natural), al anegamiento del oído medio con mucosidad (en la llamada otitis media), o al esclerosamiento de la cadena de huesecillos. (4)(6)

En general las hipoacusias conductivas son de buen pronóstico, ya que son tratables farmacológica o quirúrgicamente, y por lo tanto suelen ser temporarias, aunque pueden tornarse crónicas si se omite el tratamiento. (4)(6)

Las hipoacusias perceptivas pueden afectar a las células ciliadas (hipoacusia coclear) o al nervio auditivo (hipoacusia retro coclear). En cualquiera de los dos casos son en general irreversibles. Pueden originarse en malformaciones congénitas (muchas veces debidas a determinadas enfermedades de la madre, como la rubéola, durante las etapas del embarazo críticas para la formación del aparato auditivo) o por sobre estimulación, como en el caso de la exposición a ruidos muy intensos. (4)(6)

#### **1.12.1.3 Trauma acústico**

Se produce con ruidos breves y de gran intensidad (una explosión) y ocasiona una pérdida auditiva permanente en todas las frecuencias. Son ruidos que alcanzan y superan los 140 dB(A). (19)

#### **1.12.1.4 Elevación temporal y/o permanente del umbral auditivo**

Se produce con exposición a ruidos de intensidad moderada o alta y durante tiempos más o menos largos. Son las alteraciones más frecuentes. (19)

El proceso normal suele ser de elevaciones temporales del umbral de audición tras exposiciones puntuales. La repetición de estos episodios desemboca en una elevación permanente que, progresivamente, puede ir agravándose. Esta pérdida auditiva afecta especialmente a las frecuencias agudas - en torno a los 4000 Hz -. Su causa radica en la muerte y pérdida progresiva de esas células especiales del oído interno. Y es por ello por lo que los efectos del ruido sobre la audición son acumulativos a lo largo de toda la vida: una vez muertas estas células no se regeneran. (19)



### **a. Los sonidos y la intensidad que afectan a la audición**

Lo primero a dejar claro es que es la intensidad del ruido y no su origen la dañina (es igual de peligroso 100 dB(A) de un motor de avión que 100 dB(A) de una sinfonía de Mozart).

Lo segundo es que no hay unos límites claros de peligrosidad. Parece admitido que por debajo de 75 dB(A) el riesgo de pérdida auditiva es mínimo (un paseo por una calle con tráfico lo supera ampliamente). La exposición a 85 dB(A) durante 8h diarias se asocia a pérdida auditiva al cabo de 10-20 años (un muñeco que llora produce entre 80 y 100 dB(A) a 10 cm. de distancia, el claxon de un coche produce 120 dB(A) a 1 m., el equipo de música de un bar produce entre 100 y 115 dB(A). (19)

### **b) ¿Qué consecuencias se derivan de esta pérdida auditiva?**

El efecto más importante es una interferencia para la comprensión del lenguaje hablado. Las frecuencias agudas, las más afectadas por la pérdida auditiva, son las que transportan la información que nos permite distinguir unas palabras de otras. El sujeto oye que le hablan pero no entiende la totalidad de lo que le dicen, pierde información. Para superarlo tanto el locutor como el receptor deben hacer esfuerzos suplementarios que en muchas ocasiones acaban en fatiga, irritación, agresividad, aislamiento del afectado o incluso en depresión. Los zumbidos o la sensación de amortiguamiento pueden acompañar a la pérdida auditiva. (19)

Existen además condicionantes externos que pueden agravar los efectos del ruido sobre la audición:

- La existencia de factores añadidos capaces de agravar o aumentar el riesgo de pérdida auditiva. Son por ejemplo la HTA, la dieta rica en grasas, el monóxido de carbono (CO que producen los coches) o el uso de determinados fármacos con capacidad dañina para el oído. Como ven, factores y sustancias fáciles de encontrar en nuestro medio.

- El otro punto son los casos cada vez más numerosos de pérdidas auditivas en niños, adolescentes y adultos jóvenes por la introducción de aparatos electrodomésticos, de juguetes o de modas como los reproductores de música portátiles, que pueden alcanzar intensidades sonoras muy altas.(19)

### **1.12.2 Efectos del ruido ambiental sobre el organismo**

El organismo reacciona de una manera defensiva frente al ruido. Las interconexiones sinápticas de las vías auditivas en el sistema reticular ascendente y en el hipotálamo son la base de uno de nuestros sistemas más básicos de alerta ante el peligro: el ruido y la reacción del organismo ante una situación de peligro es poner en marcha toda una cadena de procesos hormonales y fisiológicos que nos preparan para la huida o la lucha. Las reacciones que se producen son en principio normales, pero se cronifican y convierten en patológicas tras exposiciones suficientemente prolongadas al ruido. Es lo que conocemos por estrés. Aunque existe una adaptación a los niveles sonoros que pueden crear malestar o motivar alerta, la estimulación constante “subconsciente” de los centro cerebrales de la alerta mantiene y cronifica esta respuesta de estrés anómala.(19)

#### **1.12.2.1. Alteraciones cardiovasculares**

La estimulación con ruido produce, tanto en animales como en humanos, elevaciones transitorias de la tensión arterial. Con exposiciones continuas a ruidos estas elevaciones se hacen permanentes, siendo un agente a tener en cuenta en la génesis de la HTA. Es, pues, un factor más de riesgo cardiovascular; de hecho se calcula que una persona expuesta a ambientes ruidosos debe ser considerada como 10 años mayor de su edad cronológica a efectos de riesgo de enfermedad coronaria. Aunque el último informe de la OMS no detecta un significativo aumento del riesgo de infarto, sí demuestra un aumento de los síntomas cardiovasculares (angina, dolores precordiales, disnea, etc.) que pueden ser causa de incremento en la utilización de los servicios de Urgencias de los Hospitales. (12)

#### **1.12.2.2. Alteraciones hormonales**

A partir de niveles de ruido de 60 dB(A) (una conversación durante la comida) ya se observan alteraciones en los niveles de algunas hormonas. Lo primero es un aumento de adrenalina y noradrenalina que está en relación directa con el nivel de ruido (estas dos

sustancias son potentes vasoconstrictores y responsables en parte de la HTA secundaria al ruido). (12)

También se aprecian aumentos de otras hormonas producidas o estimuladas por la hipófisis como son la ACTH y el cortisol, que suelen elevarse como respuesta a situaciones de estrés. Especial mención merece el campo de la inmunomodulación y su interrelación con el sistema vegetativo; cada vez son mayores las evidencias de que el estrés condiciona una disminución de las defensas inmunológicas facilitando la aparición de procesos infecciosos, sobre todo víricos. La posibilidad de un incremento en la incidencia de cáncer se está investigando, sin que por el momento se hayan encontrado evidencias claras en este sentido. (12)

### **1.12.2.3. Alteraciones respiratorias**

Tanto el informe de la OMS sobre el ruido (2004) como diferentes trabajos científicos, demuestran un aumento en la incidencia de procesos respiratorios y de sobrecarga de las urgencias hospitalarias que no puede justificarse únicamente por el incremento de los gases contaminantes de las ciudades. En concreto hay una correlación muy positiva con los episodios de bronquitis que sugieren un efecto del ruido sobre los mecanismos de inmunorregulación ya que, además, se aprecia un incremento de los procesos alérgicos en áreas de exposición aumentada al ruido. (12)

### **1.12.2.4 Alteraciones del sueño**

Los experimentos realizados sobre sujetos sometidos a diferentes condiciones de ruido durante el sueño muestran importantes cambios en los patrones normales de éste. En líneas generales, a partir de 45 dB(A) de ruido, se produce un aumento en la latencia del sueño (tiempo que tarda en iniciarse el sueño normal). El tiempo dedicado a las fases más profundas disminuye, lo que implica que, al ser estas fases profundas las necesarias para un sueño reparador, el sujeto suele levantarse con sensación de cansancio; el tiempo de sueño REM disminuye y, lo más preocupante, se ha comprobado un aumento de la tasa de afectación cardíaca durante el sueño.(19)

Como resultado final tenemos una mala calidad de sueño que se traduce en una disminución del rendimiento intelectual, una disminución del nivel de atención (con los

peligros que conlleva en determinadas actividades: conducir, manejar maquinaria, etc.), cansancio, irritabilidad, aumento de la agresividad y, con el tiempo, alteraciones crónicas del sueño que se mantienen pese a cambiar a un ambiente no ruidoso. (19)

#### **1.12.2.5. Otras alteraciones**

Otras alteraciones descritas en respuesta al ruido incluyen un aumento en la incidencia de úlcera duodenal, de dolores, cólicos y de otras alteraciones gastrointestinales, si bien están sujetas a mayor controversia por existir estudios contradictorios. Se han descrito también efectos negativos sobre la visión (dificultad para la visión nocturna, alteraciones en la percepción del color rojo y estrechamiento del campo visual). (19)

#### **1.12.3 Efectos psicológicos del ruido ambiental**

No todas las personas reaccionan igual frente al ruido, ni todos los ruidos se perciben igual. En general es mayor el malestar y la aversión, a igualdad de decibelios, hacia aquellos ruidos originados por fuentes que consideramos que no cumplen una función social, o que podrían evitarse, o cuando las autoridades no muestran interés o preocupación por su disminución o eliminación (como es el caso de la proliferación de bares y pubs en nuestros barrios). (19)

##### **1.12.3.1. Malestar**

El malestar entendido como un “sentimiento de desagrado o rechazo experimentado por un individuo o un grupo como consecuencia de la acción de un agente externo no deseado, en este caso el ruido”, es probablemente el efecto adverso más frecuentemente asociado a la exposición al ruido. (19)

El ruido, como agente estresante que es, provoca diferentes reacciones conductuales que, aunque normalmente son pasajeras en tanto dura el estímulo adverso, pueden carnificares y constituirse en enfermedad (depresión, conductas paranoides, etc.), si el ruido como elemento agresor persiste en el tiempo. Las posibles reacciones ante el ruido incluyen: inquietud, inseguridad, impotencia, agresividad, desinterés, abulia o falta de iniciativa, siendo variables en su número e intensidad según el tipo de personalidad. Tampoco es raro que aparezcan problemas en las relaciones interpersonales e intrafamiliares. En este sentido es esperable que las personas modifiquen su conducta y sus hábitos para

defenderse del ruido, en un intento de conseguir su bienestar físico y psíquico; esto es, evitando zonas especialmente ruidosas, poniendo ventanas o cristales dobles, cambio del dormitorio hacia el interior, cambio de domicilio, o recurriendo a fármacos hipnóticos y antidepresivos.(19)

### **1.12.3.2. Alteraciones en el aprendizaje**

Los distintos estudios realizados que evalúan la interferencia del ruido sobre las tareas de aprendizaje, y que incluyen los diferentes tipos de memoria o la atención, muestran resultados variables según el autor y la metodología empleada. El ruido posee propiedades estimulantes a la vez que desestructuradoras sobre los procesos cognitivos. Los niños son la población de mayor riesgo para este efecto nocivo. (19)

En líneas generales podemos decir que:

- El rendimiento en los test que ponen a prueba la memoria a corto plazo y secuencial (recordar unos objetos mostrados, o su orden de aparición, los que se omiten, etc.) se ve disminuido en presencia de ruido. Esta disminución del rendimiento será tanto mayor cuanto más tiempo se haya tenido al sujeto expuesto al ruido. Además, se observa la existencia de un pos efecto que prolonga los malos resultados una vez suprimido el ruido. El tipo de sonido, continuo o intermitente, muestra escasa influencia en estos resultados.(19)
- La comprensión en la lectura disminuye en presencia de ruido.(3)
- Como resultado de la acción activadora del ruido se produce una focalización de la atención del sujeto sobre los aspectos más relevantes (o que considera como tales) de la tarea que realiza, dejando de lado el resto.(3)
- Es decir, en presencia de ruido nos vamos a centrar sobre lo más prioritario de una tarea, aunque nuestro rendimiento global va a disminuir en comparación con un ambiente silencioso.(3)

Experimentos realizados en estudiantes de colegios emplazados en lugares ruidosos y con aislamiento acústico insuficiente demuestran unas evaluaciones inferiores a las de sus compañeros situados en lugares tranquilos. (3)

En general, tanto profesores como alumnos reconocen un mayor estrés y una mayor dificultad para la concentración en presencia de ruido ambiental. A esto se suma los esfuerzos vocales necesarios para lograr una comprensión del 100% por el auditorio y que son de 10dB por encima del ruido de fondo. Si no se consiguen los alumnos perderán información y motivación. Es probable que tengamos que sumar a los efectos sobre el organismo las laringitis por esfuerzos vocales. (19)

## **1.13 Medición del ruido**

### **1.13.1 Influencia del ruido de fondo**

Un factor que puede influir en la precisión de las medidas es el nivel de ruido de fondo, comparado con el nivel de sonido que se está midiendo. Obviamente, el ruido de fondo no debe- "enmascarar" el sonido de interés. En la práctica, esto significa que el nivel de sonido debe ser al menos 3 dB más alto que el ruido de fondo. Sin embargo, aún puede ser necesaria una corrección para obtener un resultado preciso. (12)

Por ejemplo el procedimiento para medir el nivel sonoro bajo condiciones de ruido de fondo es el siguiente.

- Medir el nivel de ruido total con la máquina funcionando.
- Medir el nivel de ruido de fondo con la máquina parada.
- Hallar la diferencia aritmética entre las dos medidas.(12)

Si es inferior a 3 dB, el nivel del ruido de fondo es demasiado alto para una medida precisa. Si está entre 3 y 10 dB, será necesaria una corrección. Si la diferencia es superior a 10 dB, no es necesaria la corrección. (12)

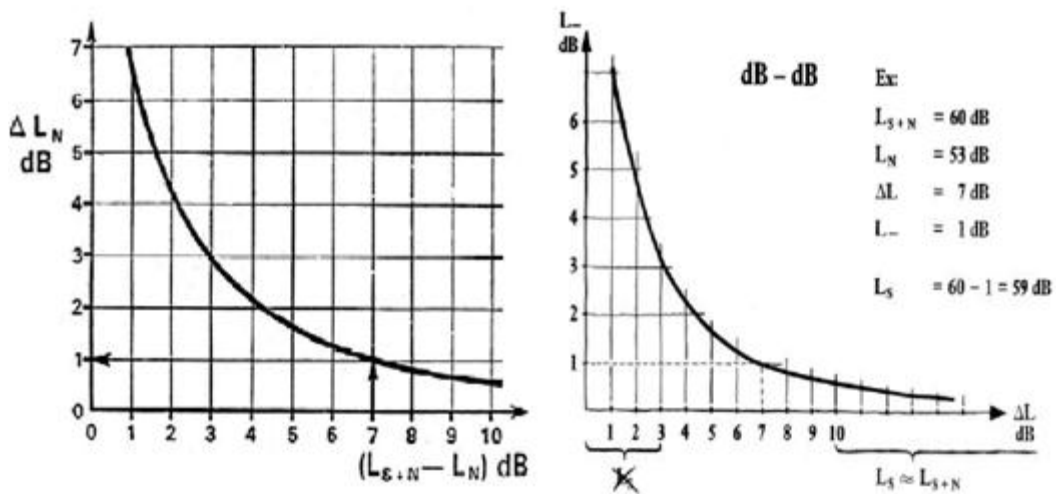
- Para realizar correcciones, se debe utilizar la figura 5. Introducir en el eje horizontal del gráfico el valor de la diferencia, subir verticalmente hasta el corte con la curva y después dirigirse al eje vertical.

- Restar el valor del eje vertical del nivel de ruido total medido en el punto.(12)

El resultado es el nivel sonoro que produciría exclusivamente la fuente sonora si no existiera el ruido de fondo.

Si la diferencia es pequeña, menor de 3 dB, es difícil efectuar una corrección satisfactoria; por ello, en estos casos, es necesario medir en ausencia de ruido de fondo. (12)

Figura 5 cuadrícula para realizar correcciones



Fuente: JIMÉNEZ., C.2010

### 1.13.2 Medidas con Sonómetro

Según las necesidades de las medidas, algunas veces es suficiente la utilización de un sonómetro para medir y evaluar problemas de ruido. (12)

La selección del tipo de sonómetro depende de las necesidades de precisión que la medida requiera o bien en ocasiones de la disponibilidad del usuario.

El sonómetro más económico es el “tipo 3” que es adecuado para obtener una indicación aproximada de los niveles sonoros pero con una amplia tolerancia, únicamente es utilizado para determinar si los niveles sonoros en un área son muy altos o muy bajos respecto a un nivel de referencia. (12)

En muchas ocasiones la precisión de este sonómetro no es suficiente teniendo que recurrir a sonómetros “tipo 2” o aún de mayor precisión “tipo 1

En cualquier caso, el sonómetro será elegido según las especificaciones de la normativa vigente.

En caso de ausencia de normativas al respecto, la elección deberá fundamentarse en la precisión que la medida requiera.

Al usar un tipo de sonómetro u otro, siempre se debe indicar en el informe de medidas el tipo que se haya empleado.

Como normas básicas para la manipulación de un sonómetro complementarias a las especificadas que se indican a continuación se debe tener en cuenta que las posiciones de medida deberán ser seleccionadas con cautela de forma que se obtenga un muestreo representativo: por ejemplo si se pretende evaluar la exposición de un trabajador o persona, el micrófono se situará a la altura de la oreja entre 1,2 y 1,5 m. dependiendo de si está sentado o de pie. (12)

Figura 6. Altura del micrófono del sonómetro.



Fuente: Augusto Reyes



### **1.13.3 Redes de Ponderación**

La ponderación de frecuencia en un sonómetro altera las características de la respuesta de frecuencia de acuerdo con las especificaciones de una norma nacional o internacional. Así, la indicación de un instrumento para medir el nivel sonoro, para un nivel determinado de presión sonora de entrada, depende de la frecuencia del sonido que llega al micrófono y de la ponderación de frecuencia seleccionada. La señal entregada por el micrófono y acondicionada por el preamplificador pasa por una serie de circuitos amplificadores para acomodar el rango de lectura con los niveles a medir y se lleva a una red de ponderación. (12)

La alinealidad del oído humano expresado en forma de las curvas isofónicas ha llevado a la introducción en los equipos para la medida del sonido de unos filtros de ponderación en frecuencia cuyo objeto es obtener instrumentos cuya respuesta en frecuencia sea semejante a la del oído humano. Las curvas internacionalmente aceptadas se denominan A, B y C, y sigue aproximadamente las isofónicas de 40, 70 y 100 fonos. Se denominan dB(A), dB (B) o dB(C) las medidas tomadas con estos filtros.(12)

La utilización teórica de estas curvas, sería la curva A para niveles bajos, la curva B para niveles medios y la curva C para niveles altos. Sin embargo en la actualidad, la única que se emplea es la A, por su sencillez de uso y la buena correlación que muestra entre los valores medidos y la molestia o peligrosidad de la señal sonora.

La ponderación D está normalizada para medida de ruido de aviones y enfatiza las señales entre 1 y 10 KHz. (12)

#### **1.13.3 1 Selección de la red de ponderación en frecuencia**

Generalmente, y a menos que las especificaciones impuestas indiquen otra cosa, la red de ponderación utilizada es la ponderación A. En cualquier caso, en los informes se debe indicar la red de ponderación utilizada para evitar confusiones. (12)

Por ejemplo el nivel de presión sonora es de 76 dB(A)

### **1.13.3.2 Selección de la red de ponderación en tiempo**

En algunas ocasiones las especificaciones de medida indican si se debe emplear la ponderación en tiempo FAST, SLOW o IMPULSE.

Como línea general a seguir, en ruidos continuos la respuesta es prácticamente idéntica estando el sonómetro en FAST o SLOW. En caso de ruidos de tipo impulsivos, cortos, fluctuante, etc. la ponderación FAST proporciona una respuesta más precisa puesto que el tiempo de promediado es más rápido así como en los casos en que, se requiera muestrear niveles máximos.

En cualquier caso, siempre que no se especifica nada al respecto, se sobrentenderá por defecto ponderación en tiempo FAST. (12)

### **1.13.4 Elección del parámetro descriptor del ruido**

Cada tipo de ruido a medir necesita un tratamiento específico y un parámetro diferente para caracterizarlo. A continuación se expone algunas de las situaciones más habituales con las que se pueden encontrar y los parámetros acústicos utilizados en cada caso.

- El caso más simple se presenta cuando se tiene un ruido continuo y totalmente identificado por encima del ruido de fondo: el parámetro utilizado en la medida será el LAeq (NPSeqA), y el tiempo de promediado necesario para obtener un índice aceptable puede ser relativamente corto; por ejemplo, en muchas normativas se utilizan niveles Leq (NPSeq) de 1 min.(12)
- Otras veces, aunque el ruido fluctúe, es posible hacerlo estacionario aumentando el tiempo de promediado por ejemplo una carretera con tráfico fluido. En estos casos se utilizan Leq (NPSeq) de 10, 20, 30 min. o incluso mayores según cada caso. A veces este valor Leq (NPSeq) es complementado con niveles máximos dependiendo del tipo de ruido o normativa.(12)
- En caso de que el ruido sea totalmente aleatorio o que existan interferencias de otros focos ajenos al que se quiera medir y por tanto sea imposible utilizar Leq, debemos recurrir a niveles de presión sonora instantáneos (SPL).

- En el caso de que existan diversos focos emitiendo simultáneamente, muchas veces los niveles percentiles pueden ayudar en la evaluación e identificación de los focos.(12)
- Cuando lo que queremos medir son ruidos impulsivos (prensas, martillos de forja, explosiones) la respuesta en frecuencia FAST del sonómetro no es adecuada para las medidas, excepto si se efectúa un promediado en tiempo muy largo. En estos casos se utiliza el detector impulso que determina el nivel medio en un período corto de tiempo.
- Cuando las especificaciones de la medida así lo exigen se utilizará el detector pico (PEAK) que determina el nivel máximo absoluto durante el tiempo de observación.(12)
- A veces una solución cómoda, sencilla y barata como dotar al sonómetro con un juego de filtros puede ser suficiente.

En este caso, los niveles en cada banda se obtienen en el display sucesivamente. Ayudando a la identificación, por ejemplo, de tonos puros. (12)

## 1.14 Instrumentos de medida acústica.

### 1.14.1 El sonómetro

Figura 7 Sonómetro utilizado en el estudio.



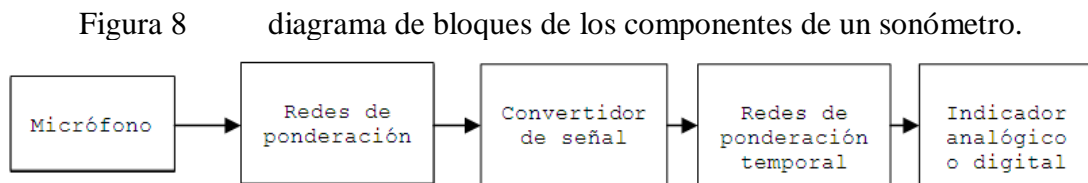
Fuente: Augusto Reyes

Un sonómetro es un instrumento de medida destinado a las medidas objetivas y repetitivas de la presión sonora; como ésta se valora de forma logarítmica, diremos que es un medidor de nivel de presión sonora.

Por su precisión, los sonómetros se clasifican en sonómetros patrones (tipo 0), de precisión (tipo 1), de uso general (tipo 2) ó de inspección (tipo 3). (4)

Estas clasificaciones se realizan de acuerdo con normativas nacionales e internacionales añadiéndose calificativos que indican otras capacidades de medida (sonómetros integradores, analizadores de impulsos, etc.). (4)

Todo sonómetro responde al menos al siguiente diagrama de bloques y comprende:



Fuente: STEE-EILAS, Parte I, 2001.

- Un micrófono que convierte las variaciones de presión sonora en variaciones equivalentes de señal eléctrica.
- Una o varias redes de ponderación que hacen que la respuesta en frecuencia del instrumento sea semejante a la del oído humano.
- Un detector que convierte la señal alterna en continua.
- Una ponderación temporal que determina la velocidad de respuesta del sonómetro frente a variaciones de presión sonora.
- Un indicador analógico o digital.(4)

Antes de iniciar las mediciones, es importante calibrar conjuntamente el micrófono y el instrumento de medida; así comprobaremos el funcionamiento de todo el sistema y aseguraremos la precisión de la medida. Es recomendable verificar la calibración después de las medidas.

Para proceder a una calibración acústica, debemos insertar el micrófono en el calibrador, conectar éste y ajustar la lectura del sistema indicador a la presión sonora del calibrador usado.

El pistófono que debe su nombre a que la presión sonora se produce mediante dos pequeños pistones arrastrados por un motor eléctrico, entrega nominalmente 114 dB a 1000 Hz. (8)

# CAPÍTULO II

## **CAPÍTULO II**

### **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1 Información general del cantón Pastaza**

##### **2.1.1 Localización Geográfica**

El Cantón Pastaza como parte de la Provincia del mismo nombre se halla localizado en la parte central de la Región Amazónica, entre los 75° 35' y 78° 5' de longitud Oeste y entre los 1° 20' y 2° 35' de latitud Sur. Su cabecera Cantonal y Provincial a la vez se halla localizada en los 78° de longitud oeste y 1° 30' de latitud Sur.

##### **2.1.2 Extensión Territorial: 19.452 Km<sup>2</sup>**

##### **2.1.3 Altitud**

Las Parroquias ubicadas a lo largo de todo este Cantón se encuentran a altitudes entre 200 a 1800 metros sobre el nivel del mar, su cabecera Cantonal y Capital de Provincia Puyo, está ubicada a 950 m.s.n.m.

##### **2.1.4 Límites**

Limita al norte con el Cantón Arajuno, al sur con la Provincia de Morona Santiago (teniendo como límite natural el río Pastaza), al este con la república del Perú y al oeste el Cantón Mera.

##### **2.1.5 Clima**

Debido al reducido número de estaciones metereológicas las apreciaciones sobre esta variable son bastante generales.

La precipitación varía entre los 2.000 mm al occidente, en la parte de las estribaciones de la cordillera oriental y, alrededor de los 4.700 mm en la llanura amazónica, con un promedio de 4538 mm anuales.

Las temperaturas máximas registradas alcanzan los 31.0 °C y las mínimas 8,6 °C , registrándose un promedio de 20,3 °C. La evapo-transpiración potencial es menor que la precipitación por lo cual no existen meses secos, teniendo una humedad atmosférica promedio anual del 89%.

Por las condiciones climáticas existe una gran presencia de nubes por lo que la heliofonía promedio es del 23%.

### **2.1.6 División Política**

El Cantón Pastaza está conformado por 14 parroquias, que son: Puyo, Fátima, Teniente Hugo Ortiz, El triunfo, Diez de Agosto, Veracruz, Tarqui, Canelos, Pomona, Simón Bolívar, Sarayacu, Montalvo, Río Tigre y Río Corrientes; de las indicadas únicamente Puyo es urbana.



## 2.2 Caracterización de la Zona

### 2.2.1 Área de Estudio

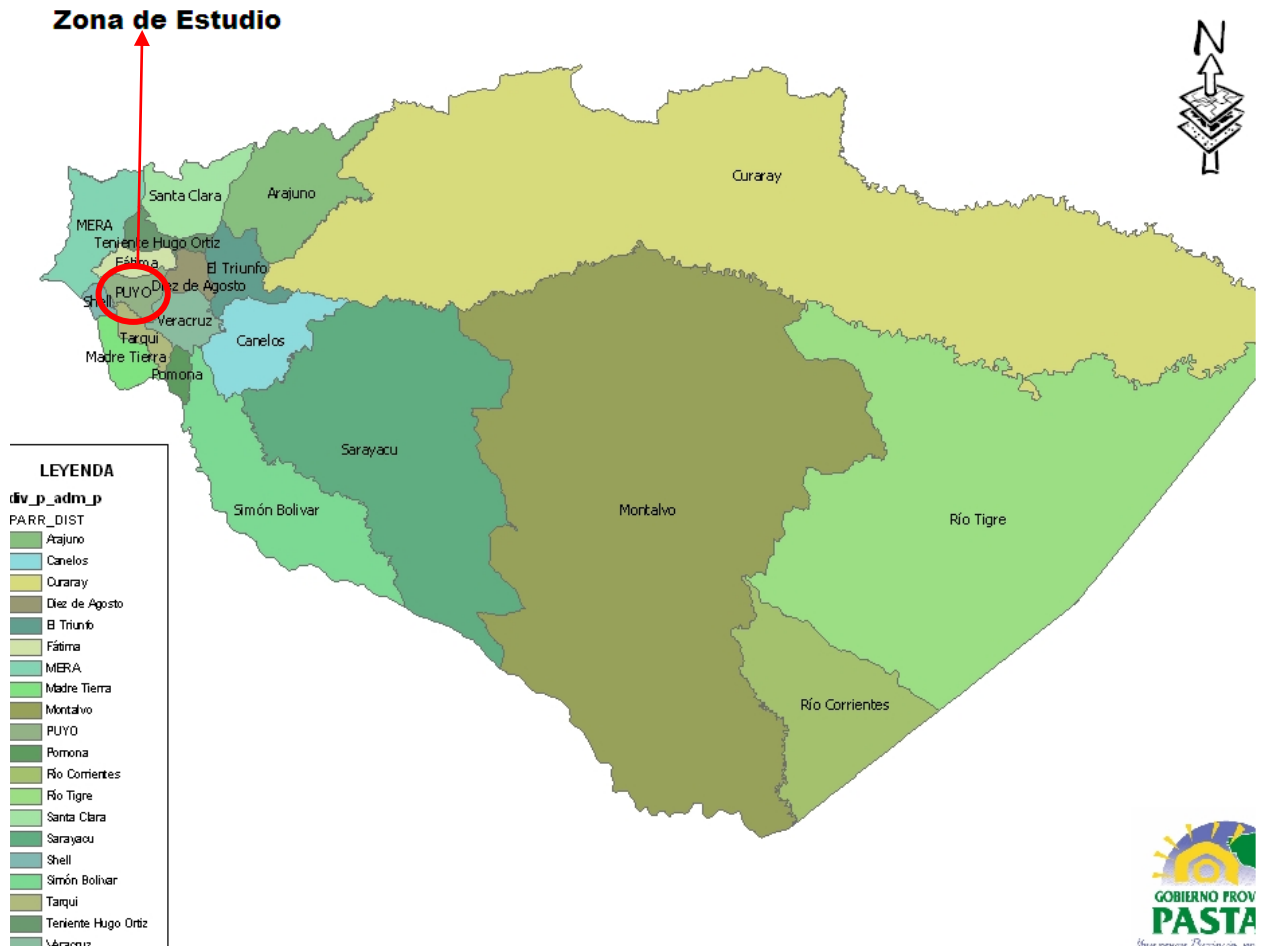
#### Lugar de realización

Figura 9 Macro localización: Ecuador, Pastaza – Pastaza- puyo



Fuente archivos Ilustre Municipio del Cantón Pastaza  
Departamento de Planificación

Figura 10 Micro localización: – cantón Pastaza– Parroquia Puyo (división parroquial)



Fuente archivos Ilustre Municipio del Cantón Pastaza  
Departamento de Planificación

## 2.2.2 Caracterización del Área de Estudio

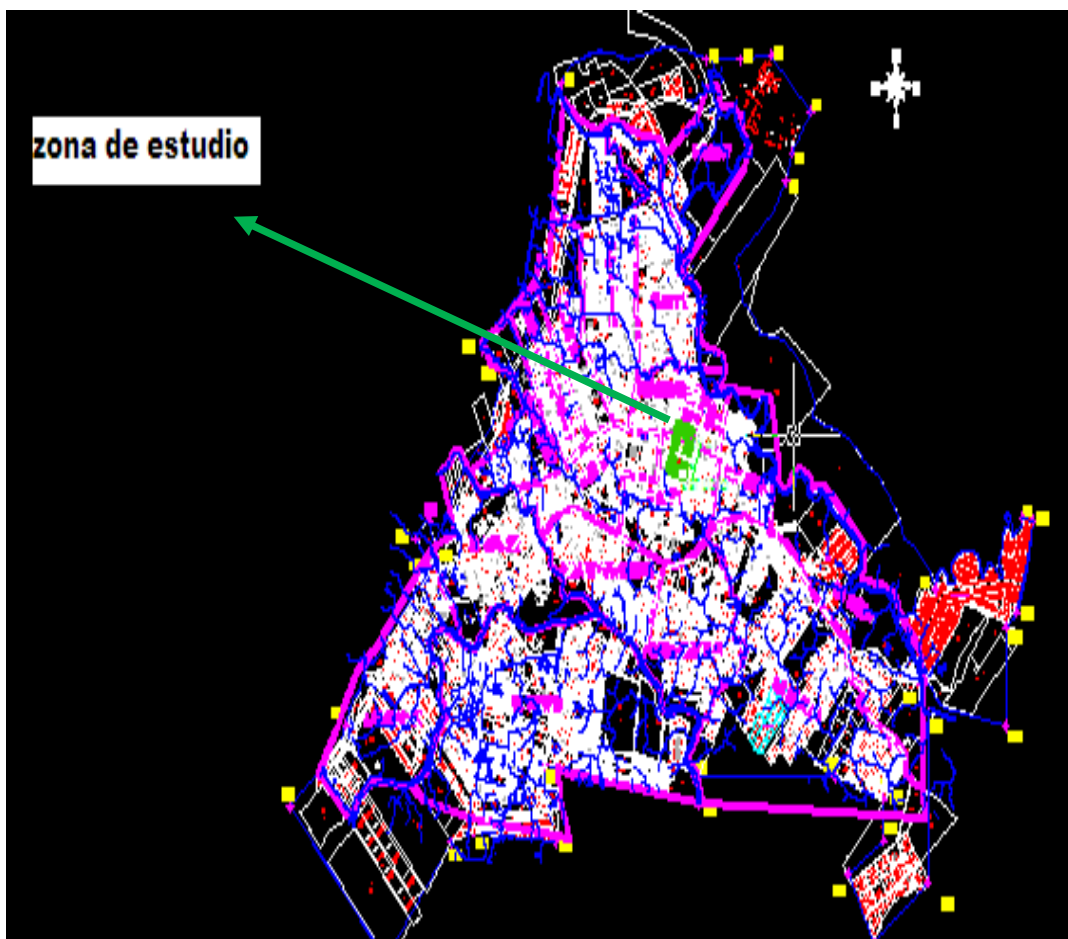
En nuestro caso el área de estudio se caracteriza por ser una zona de tipo mixta es decir aquí coexisten varios de los usos de suelo; comprende en mayor proporción el uso comercial, pero también se encuentran zonas residenciales. Además se encuentran instituciones como dos universidades, el municipio, varios bancos. Además un sin número de negocios de todo índole.

Esta zona comprende las siguientes calles:

- Calle 27 de febrero (Desde la intersección con la calle 24 de mayo hasta la intersección con la calle Simón Bolívar) Con una longitud de 306.38 metros.
- Calle 9 de octubre (Desde la intersección con la calle 24 de mayo hasta la intersección con la calle Simón Bolívar) Con una longitud de 305.09 metros
- Calle 10 de Agosto (Desde la intersección con la calle 24 de mayo hasta la intersección con la calle Simón Bolívar) Con una longitud de 300.77 metros

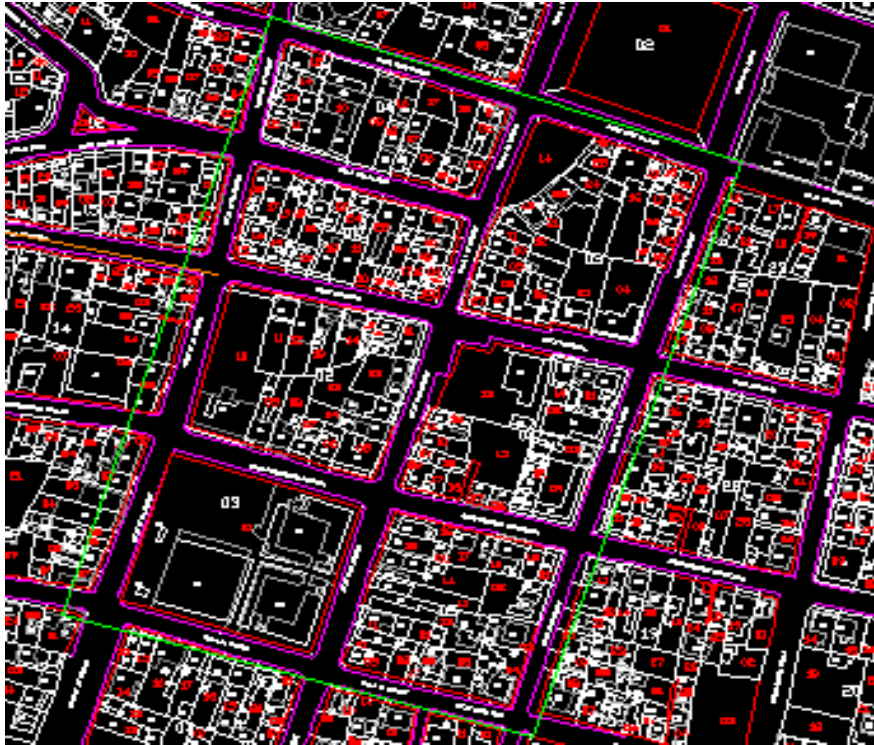
La zona de estudio cuenta con un área de 66395.8084 m<sup>2</sup> Perímetro = 1046.7121 m

Figura 11 Zona de estudio (I)



Fuente archivos Ilustre Municipio del Cantón Pastaza  
Departamento de Planificación

Figura 12 Zona de estudio (II)

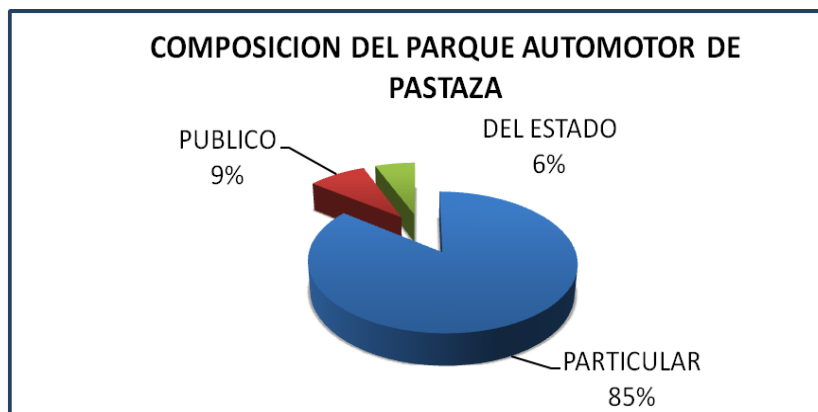


Fuente archivos Ilustre Municipio del Cantón Pastaza  
Departamento de Planificación

### 2.2.3 Parque automotor

El parque automotor registrado en la provincia de Pastaza se compone de vehículos de servicio particular, público y del estado, para el año 2010 en la proporción que demuestra la gráfica.

Figura 13 Composición del parque automotor de Pastaza



Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

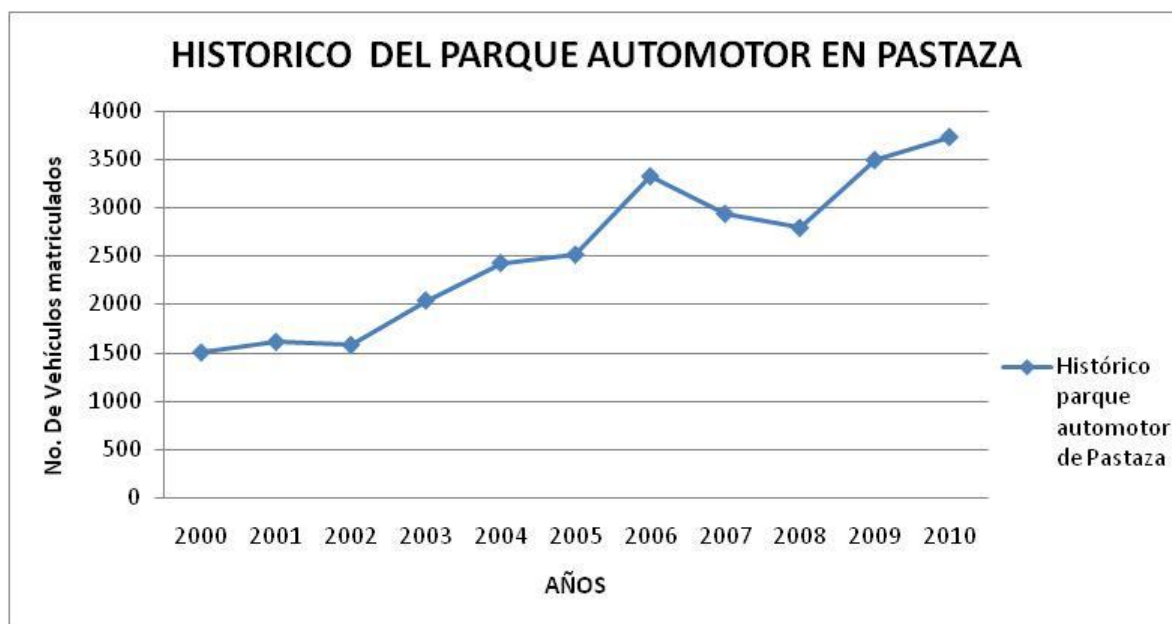
Tabla 1 Composición del parque automotor de Pastaza

SERVICIO	NÚMERO
PARTICULAR	3523,00
PÚBLICO	354,00
DEL ESTADO	244,00
TOTAL	4121,00

Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

#### 2.2.4 Histórico del Parque Automotor en la Provincia de Pastaza

Figura 14 histórico del parque automotor en Pastaza



Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

Conforme lo evidenciado, el parque automotor presenta un índice de crecimiento del 13.79% entre el 2008 y el 2010, tendencia que se acentúa principalmente por el incremento de los vehículos particulares.

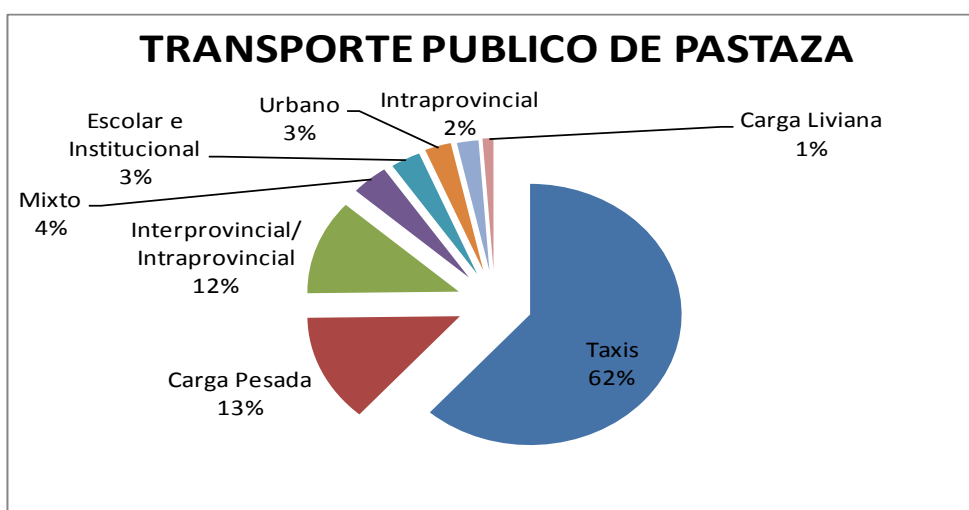
## 2.2.5 Transporte Público en la Provincia de Pastaza

**Tabla 2 Transporte Público en Pastaza**

TRANSPORTE PÚBLICO EN PASTAZA		
MODALIDAD DE TRANSPORTE	No. DE UNIDADES	PORCENTAJE (%)
Taxis	481	62
Carga Pesada	104	13
Interprovincial	92	12
Mixto	31	4
Escolar e Institucional	25	3
Urbano	22	3
Intraprovincial	18	2
Carga Liviana	9	1
<b>TOTAL:</b>	<b>782</b>	<b>100</b>

Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

**Figura 15 Transporte público de Pastaza**



Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz



Los vehículos de transporte público son automotores homologados destinados al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa.

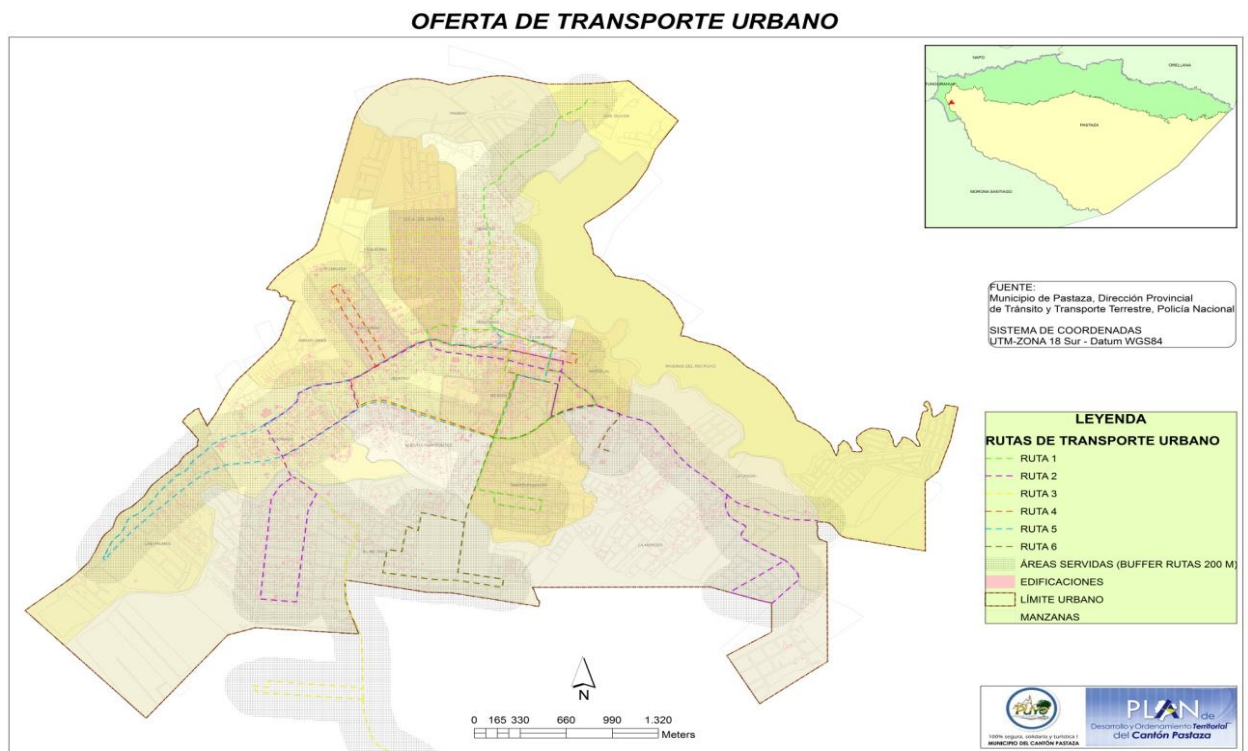
## 2.2.6 Transporte Público Intracantonal

### 2.2.6.1 Transporte en las Parroquias sin Acceso Carrozable

- No existe un servicio de transporte público en las parroquias: Río Tigre, Río corrientes, Sarayacu y Montalvo.
- El acceso a estas parroquias es por modo aéreo, fluvial o por trochas.
- Todas las parroquias disponen de ríos navegables,
- La movilidad dentro de estas parroquias es principalmente por vía fluvial, para lo cual utilizan diferentes tipos de canoas, pero sin una eficiente organización.

## 2.2.7 Transporte Colectivo Urbano

Figura 16 Transporte urbano



Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy

Ortiz

## 2.2.8 Transporte Comercial

Tabla 3 transporte comercial de Pastaza

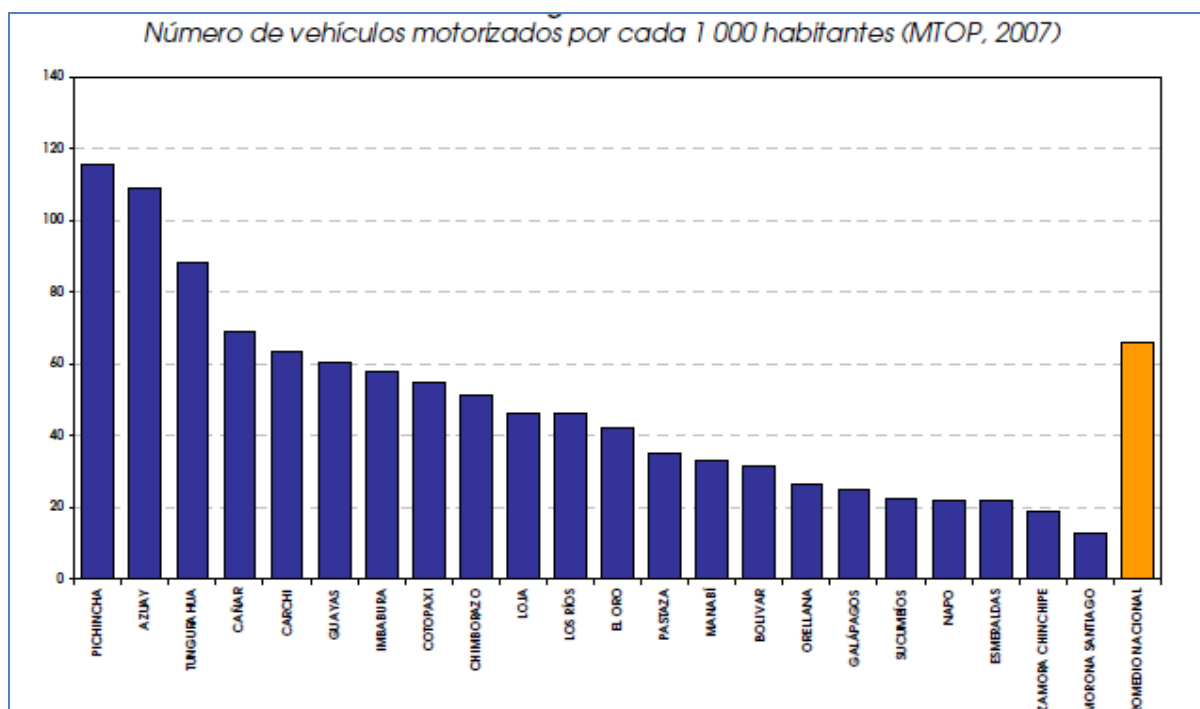
Modalidades	No	%
Taxis	481	74
Mixto	31	5
Carga liviana	9	1
Escolar e institucional	25	4
Carga pesada	104	16
<b>total</b>	<b>650</b>	<b>100</b>

Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza 2010

Cabe señalar que de las 7 cooperativas de taxis, 5 operan en la ciudad del Puyo y sus estacionamientos se encuentran en la zona central de la ciudad .

## 2.2.9 Transporte Particular

Grafico 1 Número de vehículos motorizados por cada 1000 habitantes.



Fuente: Comisión Provincial de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de Pastaza, al año 2010 Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

En el periodo enero – noviembre del 2010 fueron matriculados 3.523 vehículos particulares.



La tasa de motorización al año 2010 es de 50.62 vehículos por cada 1000 habitantes en la provincia de Pastaza.

### 2.3 Datos Complementarios:

Tabla 4 Datos complementarios

PROVINCIA:	PASTAZA
CANTÓN:	PASTAZA
PARROQUIA:	PUYO
LOCALIDAD:	BARRIO MÉXICO Y CENTRAL 24 DE MAYO
LATITUD:	1° 30' de latitud Sur.
LONGITUD:	78° de longitud oeste
TEMPERATURA	31 °C -8,6 °C , promedio de 20,3 °C.
POBLACIÓN:	62.016 (censo 2010)
FUNDACIÓN:	12 DE MAYO DE 1899
ALTURA	953 MSNM
MONEDA	DÓLAR AMERICANO
DISTANCIA A GUAYAQUIL:	353 KM. APROX.
DISTANCIA A QUITO	213 KM. APROX.
PRECIPITACIÓN	4538 mm AÑO
HUMEDAD RELATIVA	79-92%
EVAPORACIÓN	511.3 MM/AÑO
EVAPOTRANSPIRACIÓN	952 MM
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NE
VELOCIDAD DEL VIENTO	1,4 Km/h

Posee un suelo franco arcilloso bien drenado y con una capacidad de campo de 108 mm en sus 60 cm superficiales, indica exceso de agua todos los meses del año y que el suelo se encuentra saturado permanentemente.

## **2.4 Materiales y Métodos**

### **2.4.1 Materiales**

- Cronómetro
- Planos de la Ciudad Auto-CAD
- Inventario de Fuentes

### **2.4.2 Equipos**

- Sonómetro
- Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.)

### **2.4.3. Métodos**

#### **2.4.3.1 Diseño Completamente al Azar**

En este diseño los tratamientos deben ser asignados aleatoriamente a las unidades experimentales, con la finalidad de eliminar el efecto que puedan causar variables perturbadoras al llevar la experimentación a la práctica. Para la construcción del layout del experimento se pueden utilizar números aleatorios.

Para el caso particular de un DCA (efectos fijos y un factor) el modelo estadístico es caracterizado por:

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$$

Ecuación 5 Modelo estadístico

Donde  $y_{ij}$  es la observación en la fila i-esima (tratamiento) y la columna j-ésima (número de réplicas),  $\mu$  es la media global y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio.

En nuestro caso el diseño estará dado por:

Tabla 5 diseño estadístico

DETERMINACIONES	FUENTE				AMBIENTE			
	Nivel de presión sonora equivalente (dB)				Nivel de presión sonora equivalente (dB)			
	1	2	3	Xm	1	2	3	Xm
Zona 1								
.								
.								
Zona n								

NOTA.- Las zonas se determinarán desde el diagnóstico inicial

Fuente: Augusto Reyes

### 2.4.3.2 Métodos y equipos empleados

Tabla 6 Métodos y equipos utilizados

<b>Parámetros/Actividades</b>	<b>*Método/Referencia</b>	<b>Material Utilizado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo de Ruido</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>T.U.L.A.S.</b> <b>Libro VI Anexo 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.1.2.1</li> <li>• 4.1.2.2</li> <li>• 4.1.2.4</li> <li>• 4.1.2.5</li> <li>• 4.1.2.7</li> <li>• 4.1.2.8</li> <li>• 4.1.2.9</li> <li>• 4.1.4.5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonómetro (automático)</li> <li>• G.P.S.</li> </ul>

Fuente:

Augusto Reyes

\* Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro 6 Anexo 5

### 2.3.3.3 Descripción de Métodos

4.1.2.1 La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuaran mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Comisión, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

4.1.2.2 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. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

4.1.2.4 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.

4.1.2.5 Determinación del nivel de presión sonora equivalente.- la determinación podrá efectuarse de forma automática o manual, según el tipo de instrumento de medición a utilizarse. Para el primer caso, un sonómetro tipo 1, proveerá de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante.

4.1.2.7 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. 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. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

4.1.2.8 Correcciones Aplicables a los Valores Medidos.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debido a nivel de ruido de fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la

fuelle fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

Tabla 8 Corrección por nivel de ruido de fondo

<b>DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (DBA)</b>	<b>CORRECCIÓN</b>
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

Fuente: TULAS LIBRO 6 ANEXO 5

Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a 3 (tres), será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

4.1.2.9 Requerimientos de Reporte.- Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- a) Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- b) Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- c) Ubicación aproximada de los puntos de medición;
- d) Características de operación de la fuente fija;
- e) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua);
- f) Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;

- g) Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- h) Fecha y hora en la que se realizó la medición;
- i) Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- j) Correcciones Aplicables;
- k) Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- l) Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

4.1.4.5 La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.

4.1.4.5 La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.

# **CAPÍTULO**

## **III**



# CAPÍTULO III

## 3. Parte Experimental

### 3.1. Puntos de Monitoreo

Primeramente para establecer las zonas de mayor congestión y conflicto en la ciudad del Puyo se realizó una visita previa, a la vez se hizo un análisis cualitativo del problema a través de la visualización e inspección física a esta ciudad, se determinó el área de estudio, las dimensiones de ésta y se identificó las calles y sus características. Para complementar lo anterior recurrimos a información brindada por el Ilustre Municipio del Cantón Pastaza departamento de planificación a través de archivos digitales sobre los puntos de mayor conflicto vehicular en la Ciudad del Puyo, procedimos a comparar con nuestro análisis previo para así determinar los puntos definitivos de muestreo.

Figura 17 Mapa puntos de conflicto en la ciudad de Puyo



Fuente: DNCTSV, Estadística, CTG, Estadística.

Datos actualizados al 31 de diciembre del 2010.

Elaborado por: Ing. Deysy Ortiz

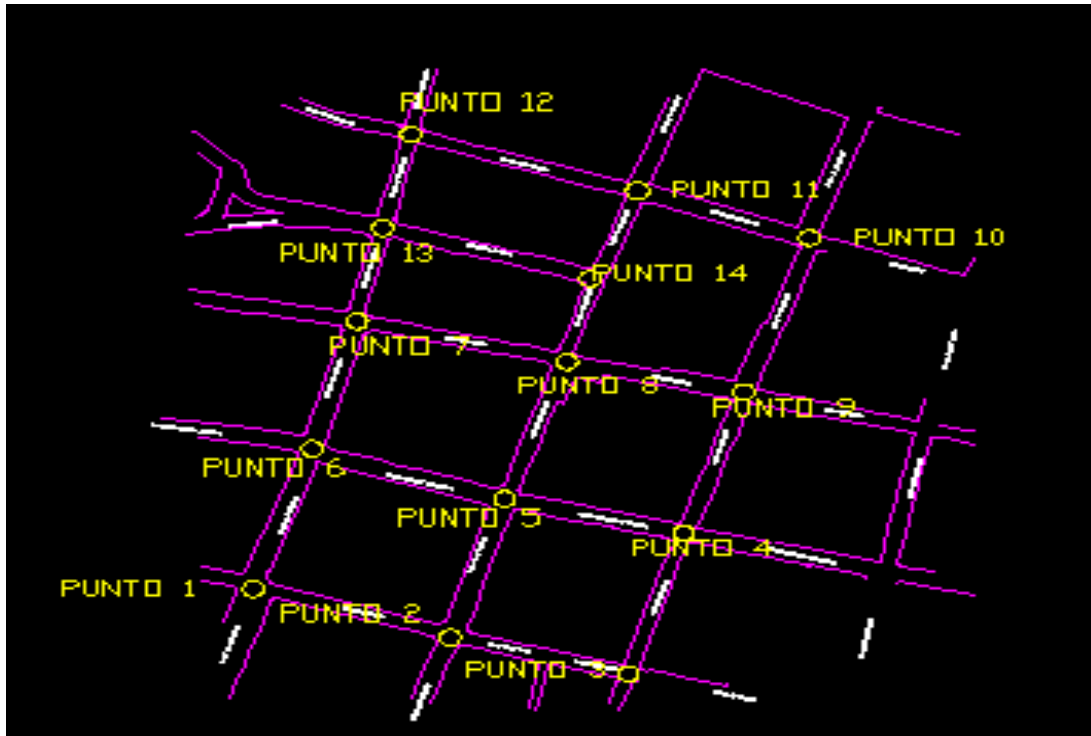
### 3.2 Descripción de los Puntos de Muestreo

Tabla 9 Descripción puntos de muestreo

PUNTO	GPS	DIRECCION	CARACTERISTICAS
1	1°29'15.55" SUR 78°00'12.45" OESTE	Intersección calle 27 de Febrero y calle 24 de Mayo	Acera en la parte posterior del municipio, frente a una parada de buses.
2	1°29'23.34" SUR 78°00'09.70" OESTE	Intersección calle 9 de Octubre y 24 de Mayo	Acera del negocio marisquería El Sabor
3	1°29'22.00" SUR 78°00'06.53" OESTE	Intersección calle 10 de Agosto y 24 de Mayo	Acera de un Servicio Técnico de celulares Movistar
4	1°29'19.91" SUR 78°00'06.59" OESTE	Intersección calle 10 de agosto y Fco. de Orellana	Acera Tienda de abarrotes frente a AVIPAZ
5	1°29'21.01" SUR 78°00'09.44" OESTE	Intersección calle 9 de octubre y Fco. de Orellana	Acera del Municipio frente a UNIANDES
6	1°29'20.99" SUR 78°00'11.98" OESTE	Intersección calle 27 de febrero y Fco. De Orellana	Parter de los exteriores del parqueadero del municipio
7	1°29'19.12" SUR 78°00'11.77" OESTE	Intersección Calle 27 de Febrero y Atahualpa	Acera de la Cooperativa San Francisco frente a un negocio de celulares (Claro) y una parada de buses urbanos
8	1°29'18.83" SUR 78°00'09.58" OESTE	Intersección calle 9 de Octubre y Atahualpa	Acera cooperativa kullky Wuasy frente Farmacia Metropolitana, parada de taxis.
9	1°29'17.97" SUR 78°00'07.12" OESTE	Intersección calle 10 de Agosto y Atahualpa	Acera Farmacia Cruz Azul Frente al centro de atención al cliente movistar
10	1°29'15.41" SUR 78°00'07.17" OESTE	Intersección calle 10 de Agosto y Bolívar	Acera Parque Central
11	1°29'15.60" SUR 78°00'09.55 OESTE	Calle 9 de Octubre y Bolívar	Acera Parque Central frente a la Plaza Roja
12	1°29'15.55" SUR 78°00'11.69" OESTE	Intersección Calle 27 de Febrero y Bolívar	Acera Casa de la Cultura frente a la Clínica Nova Luz
13	1°29'17.18" SUR 78°00'11.55 OESTE	Intersección Calle 27 de Febrero y Césalo Marín	Acera Panadería Pan de casa frente a un negocio de celulares movistar y al Hostal los Còfanos
14	1°29'17.35" SUR 78°00'09.62 OESTE	Intersección Calle 9 de Octubre y Cèsloa Marín	Acera del SRI Frente a la Plaza Roja

Fuente: Augusto Reyes

Figura 18 Mapa puntos de muestreo



Fuente: Augusto Reyes

### 3.3 Toma de Datos

Las condiciones para el monitoreo fueron: Primero se comprobó que el sonómetro se encuentre calibrado además éste debe estar debidamente normalizado, con el filtro de ponderación A, respuesta lenta (slow), luego nos ubicamos en el punto establecido con el sonómetro a la altura del pecho más o menos de 1 a 1.5 m del piso conservando las distancias de 3 m. de las paredes de edificios o de estructuras que puedan reflejar el sonido tal como lo establece la norma con los brazos completamente estirados apuntando hacia las fuentes más representativas y en un lapso de 10 min para el caso de ruido fluctuante y de 1 min para el ruido de fondo o estable.

Los valores de NPS fueron tomados en el mes de agosto de 2011 durante una semana completa empezando el martes 9 hasta el 11 de ahí retomamos las medidas el viernes 19 hasta el domingo 21 del mismo mes, los datos se tomaron tres veces al día en las horas pico en la mañana de 8:00 a 10:00 en la tarde de 12:00 a 14:00 y en la noche de 18:00 a

20:30 durante un tiempo 10 min en cada punto establecido tal como lo establece el tulas en el libro 6 anexo 5.

El área total de muestreo la dividimos en tres zonas la zona 1 que consta de 5 puntos, la zona dos de 5 puntos y la zona tres de 4 puntos, la razón para esta metodología es porque cada punto se debe medir 10 min y si lo hacíamos de otra forma el lapso de tiempo con que contábamos tanto en la mañana, tarde y noche se nos pasaba es decir las horas pico. Otra razón es por las condiciones climáticas que posee la ciudad de Puyo.

### **3.4 Ruido de Fondo**

El ruido de fondo se midió en todas los puntos de muestreo. Los días para el monitoreo del Ruido de Fondo fueron el Miércoles 10 y jueves 11 de agosto del 2011 de 5:45 a 7:00 a.m. se escogió este horario ya que en esta lapso de tiempo no existe mayor concurrencia de personas ni de vehículos por los puntos establecidos . Cabe mencionar que para este muestreo se dividió en dos grupos a los puntos de muestreo ya que se contaba con poco tiempo para poder hacer este tipo de medición. El grupo 1 se lo realizó el día miércoles y fueron los siguientes puntos 3,4,8,10,13 y 14 y el grupo 2 se realizó el día jueves y fueron los siguientes puntos 1,2,5,6,9,11,y12 y de esta forma se completó las mediciones en todos los puntos. Las medidas se realizaron durante 1 minuto ya que se trata de un ruido estable tal como lo establece el TULAS en el libro 6 anexo 5 .

A continuación se describen los puntos muestreados. Cabe mencionar que las mediciones y sus respectivos gráficos se detallan tal como los arrojan el equipo sin ningún tratamiento.

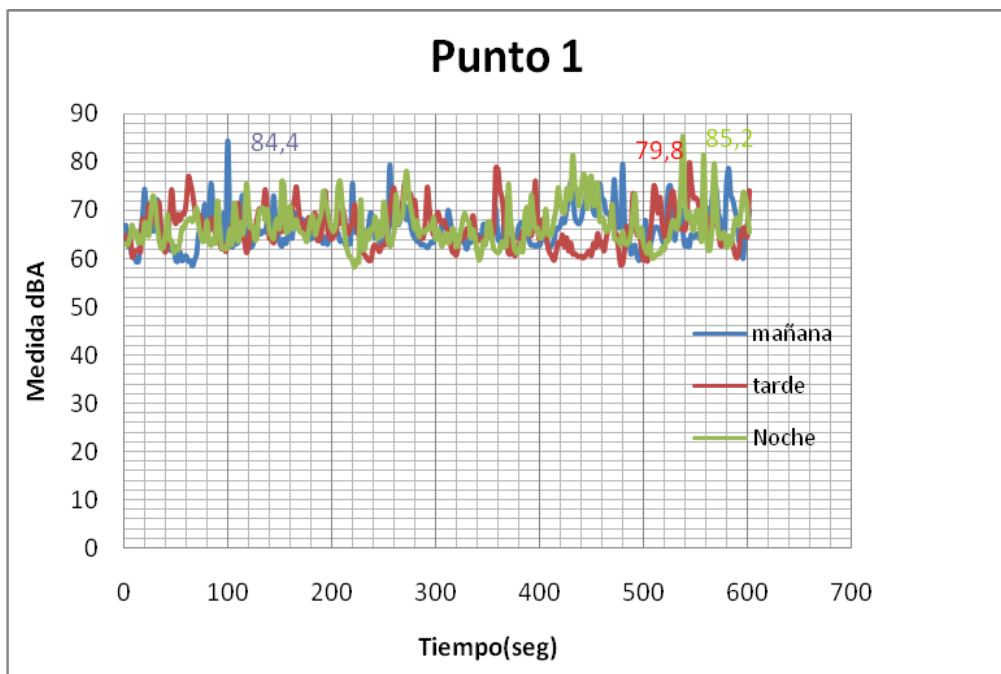
### 3.5 Monitoreo de Ruido

#### 3.5.1 Punto 1

El punto 1 se situó en la intersección de la calle 27 de febrero y calle 24 de mayo en la parte de atrás del municipio en la acera frente a la estación de buses a la parroquia Shell.

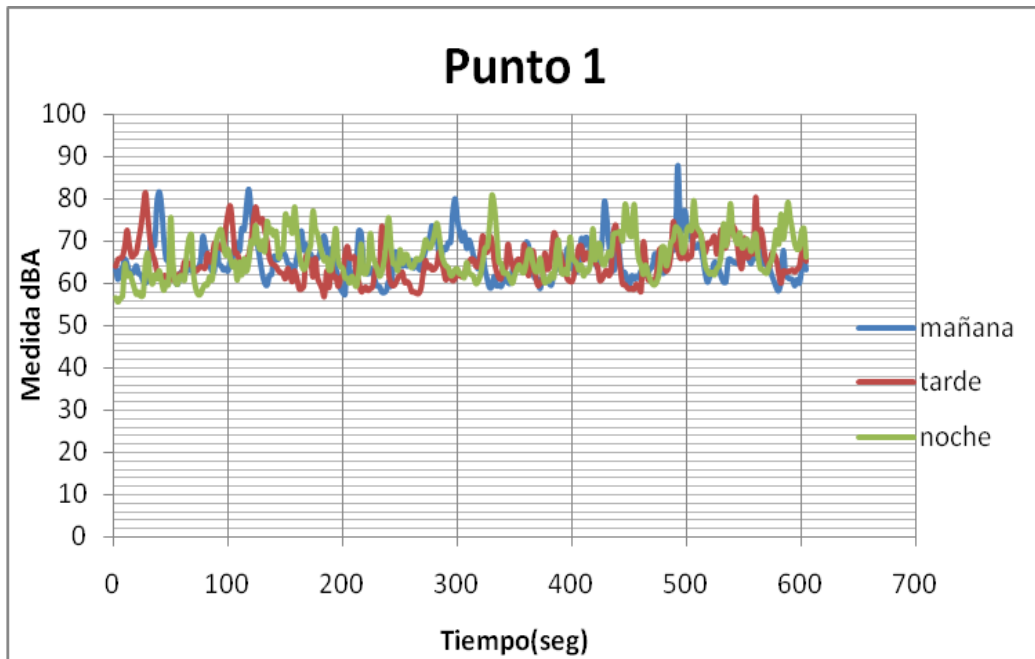
Los datos se tomaron el día martes 9 y el domingo 21 de agosto; en cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche en las horas pico; de esta forma se consiguió realizar seis repeticiones. También se realizó una medición de fondo en este punto, con esto se puede tener valores más reales ya que puede existir casos que en el momento de medir se dé condiciones extremas, siendo éstas eventuales. A continuación se muestran gráficos de dichas mediciones. La medida de fondo se realizó el día jueves 11, por el lapso de un minuto.

Figura 19 Datos medidos de nivel de ruido del punto 1 en la mañana, tarde y noche



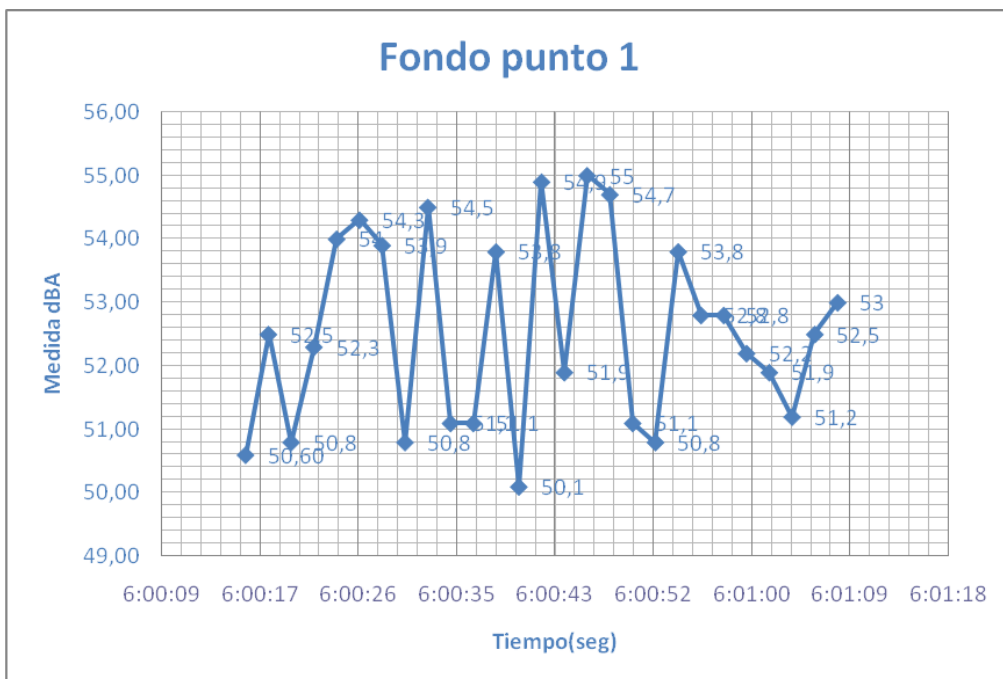
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 09-08-11

Figura 20 Datos medidos de nivel de ruido del punto 1 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 21-08-11

Figura 21 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 1



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11  
Hora: 06:00:16

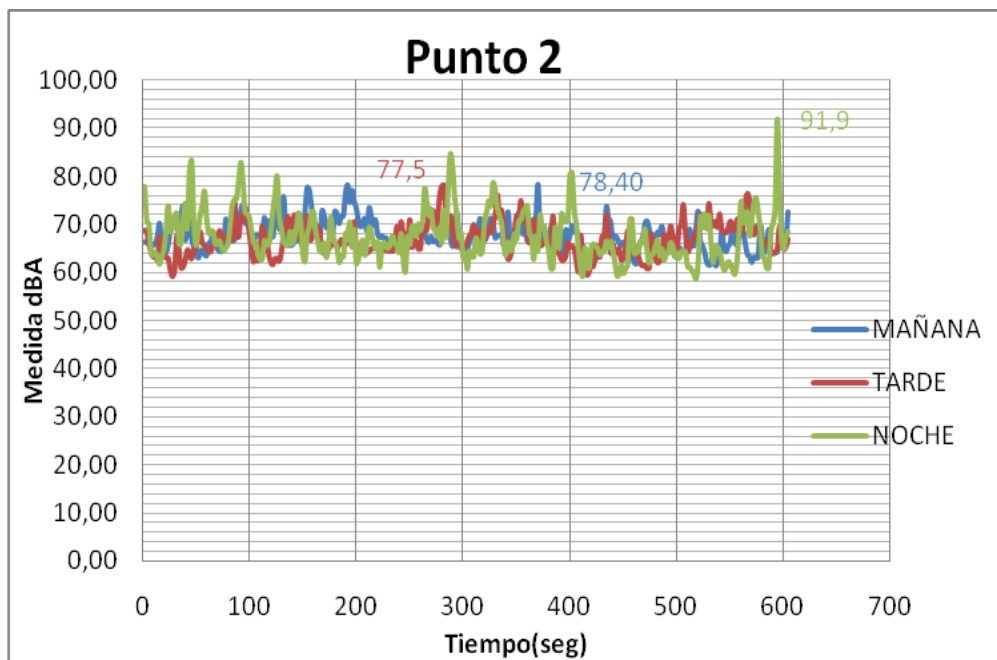
### 3.5.2 Punto 2

El punto 2 se situó en la intersección de las calles 9 de octubre y 24 de mayo. Está ubicado en la acera de la Marisquería el Sabor frente a un negocio de celulares Movistar y diagonal a una librería y papelería.

Los datos se tomaron el día miércoles 10 y el sábado 20 de agosto. En cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto; con esto se puede tener valores más reales para evitar errores y tener lecturas confiables.

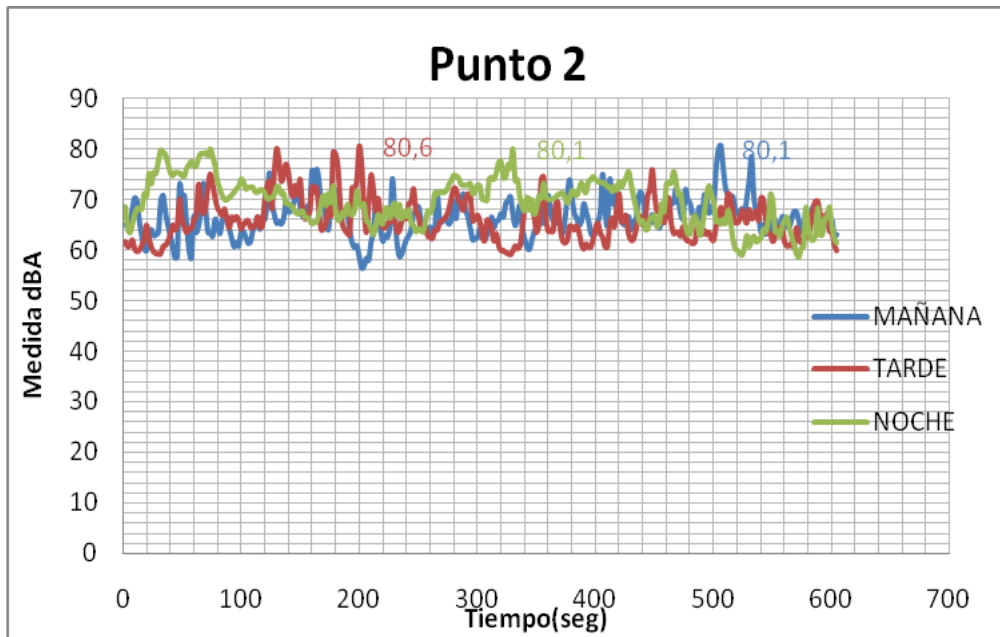
También se realizó una medida de fondo el miércoles 10 por el lapso de un minuto.

Figura 22 Datos medidos de nivel de ruido del punto 2 en la mañana, tarde y noche



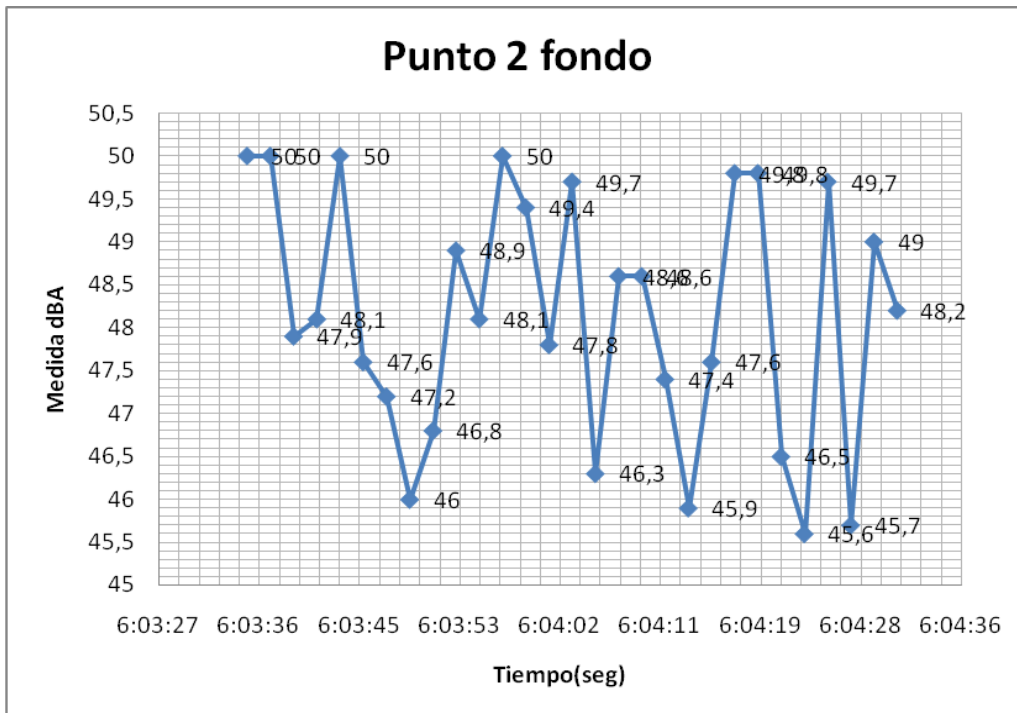
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11

Figura 23 Datos medidos de nivel de ruido del punto 2 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 20-08-11

Figura 24 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 2



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11  
Hora: 6:03:35

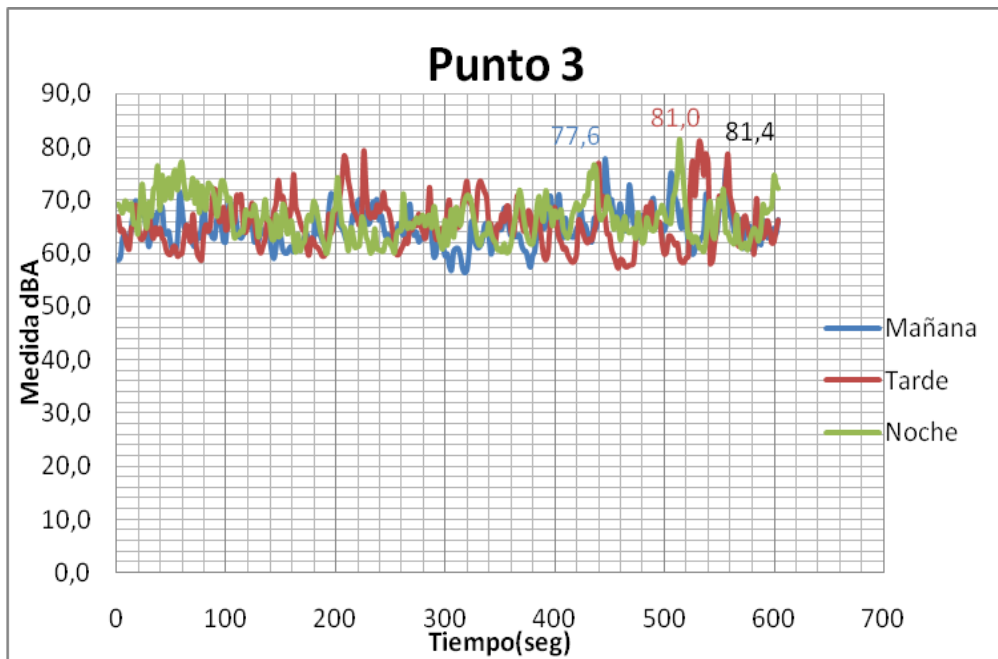


### 3.5.3 Punto 3

El punto 3 se sitúo en intersección de las calles 10 de agosto y 24 de mayo. Está ubicado en la acera de un Servicio Técnico y Cabinas Movistar frente a casas residenciales.

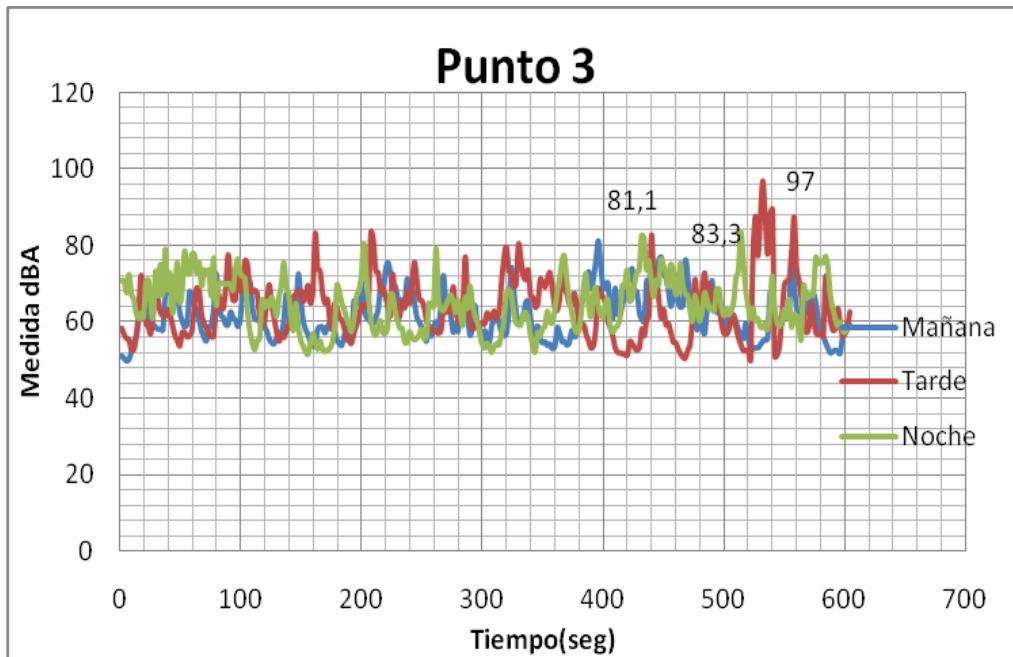
Los datos se tomaron el día jueves 11 y el viernes 19 de agosto. En cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el jueves 11 por el lapso de un minuto.

Figura 25 Datos medidos de nivel de ruido del punto 3 en la mañana, tarde y noche



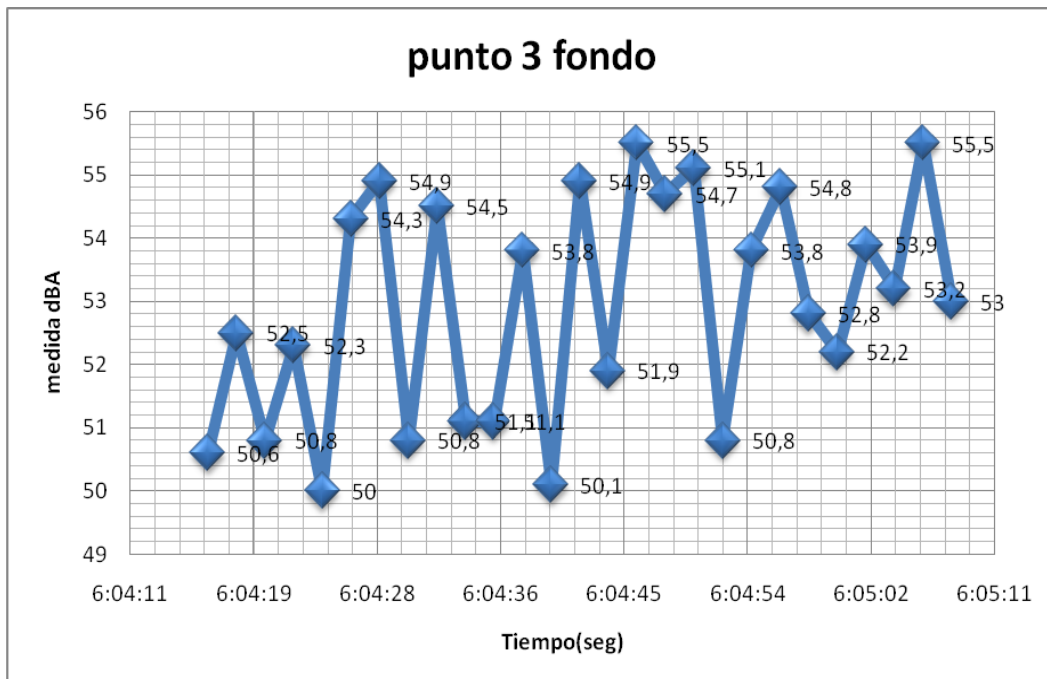
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 11-08-11

Figura 26 Datos medidos de nivel de ruido del punto 2 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 19-08-11

Figura 27 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 3



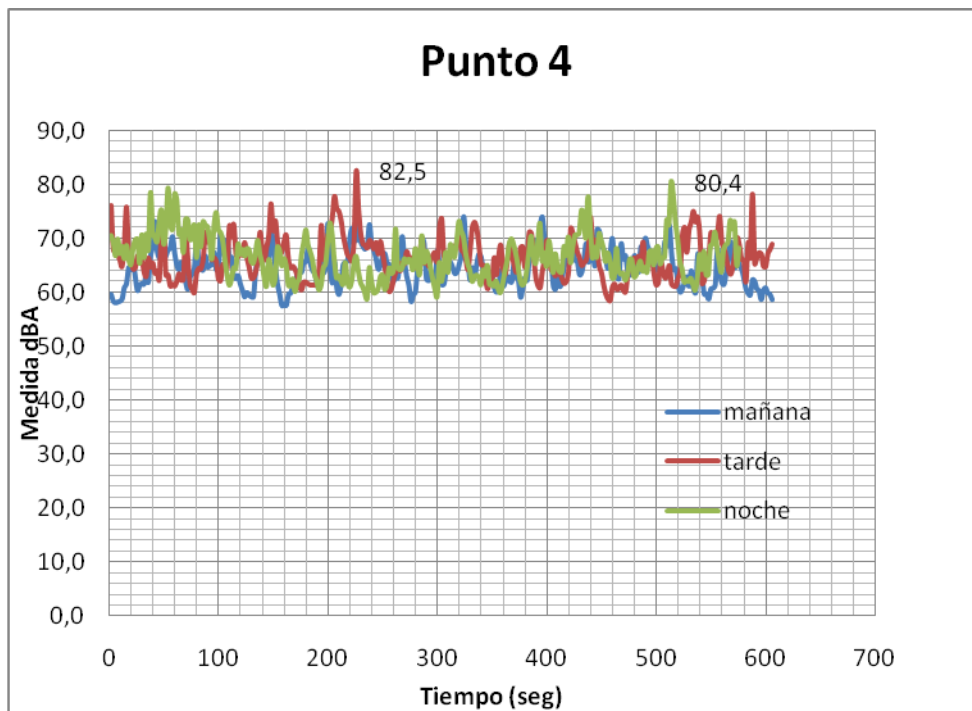
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11  
Hora: 6:04:16

### 3.5.4 Punto 4

El punto 4 se sitúo en la intersección de las calles 10 de agosto y Fco. de Orellana. Está ubicado en la acera de una tienda de abarrotes diagonal a AVIPAZ y frente a negocios informales de venta de ropa.

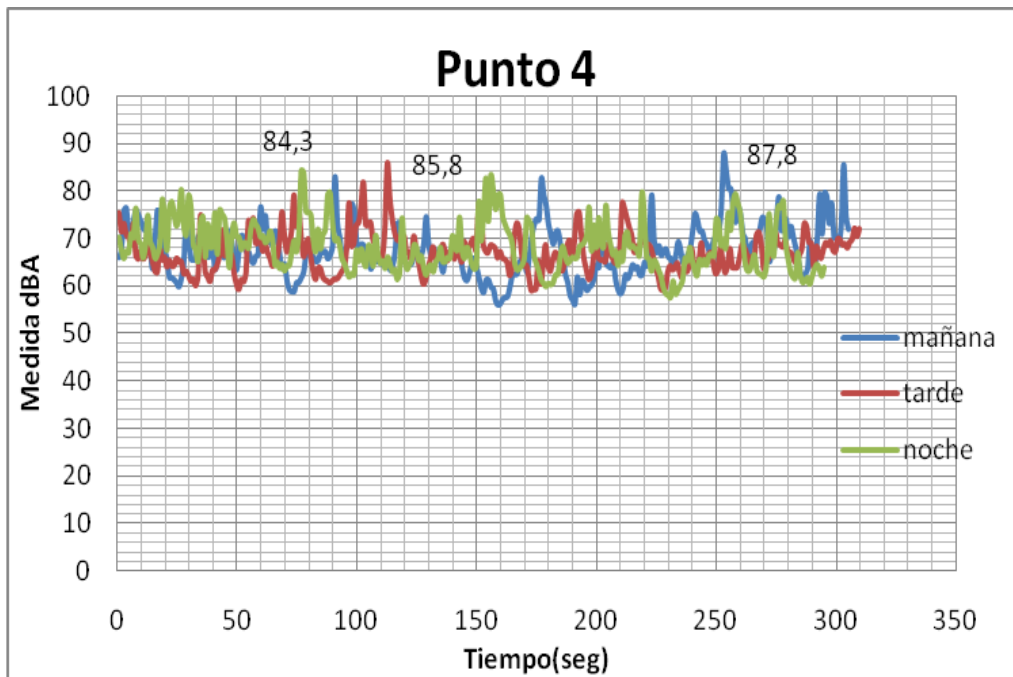
Los datos se tomaron el día jueves 11 y el viernes 19 de agosto. En cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en horas pico. De esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el día Miércoles 10, por el lapso de un minuto.

Figura 28 datos medidos de nivel de ruido del punto 4 en la mañana, tarde y noche



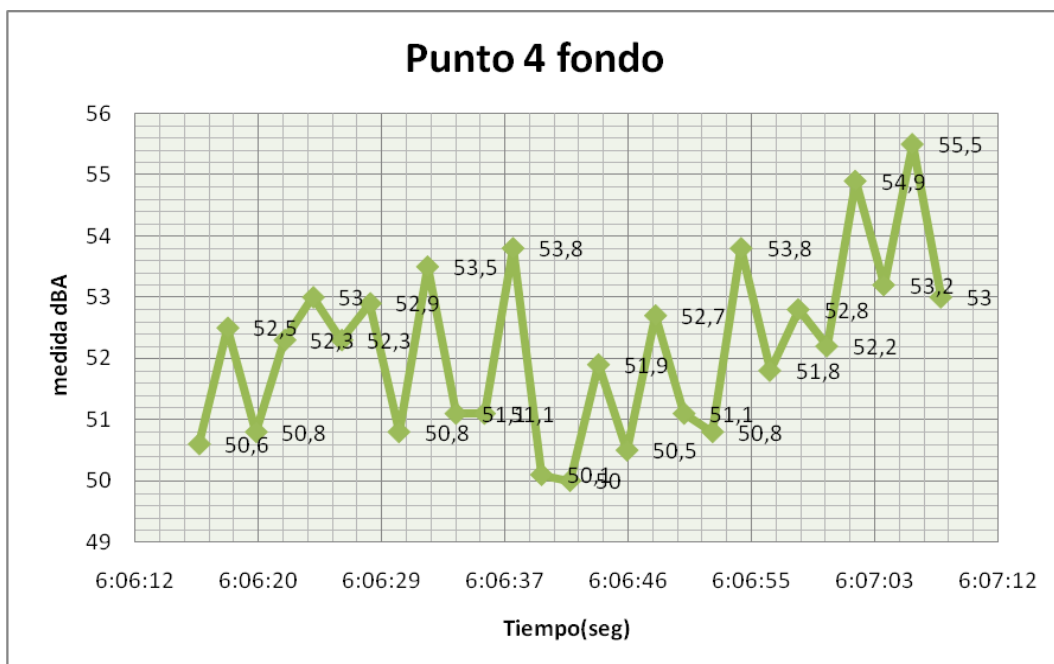
Fuente Augusto Reyes  
FECHA 11-08-11

Figura 29 Datos medidos de nivel de ruido del punto 4 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 19-08-11

Figura 30 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 4



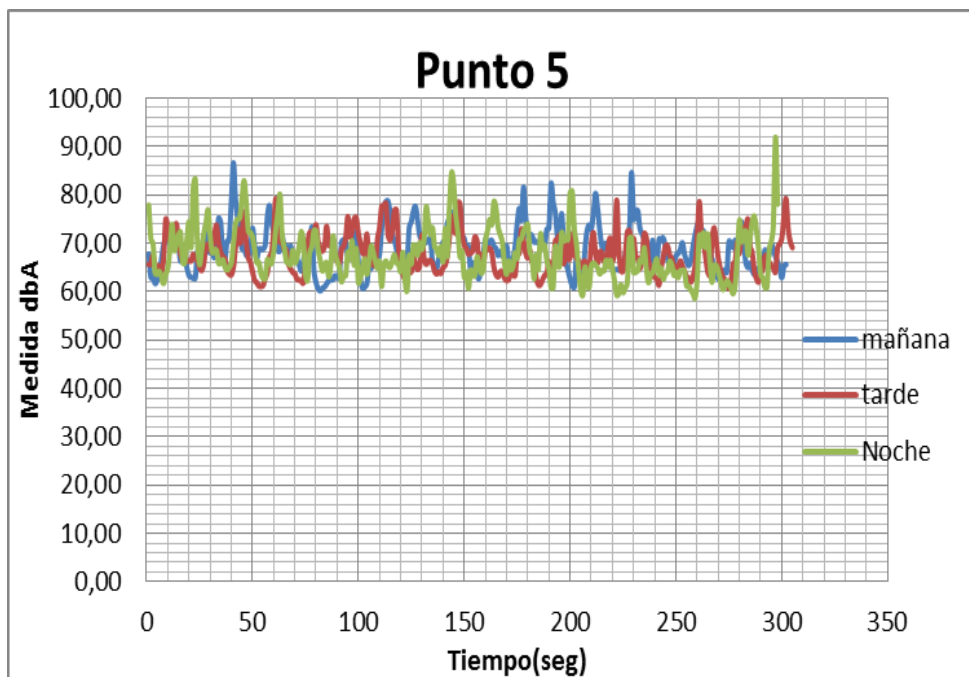
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 19-08-11  
Hora: 6:06:16

### 3.5.5 Punto 5

El punto 5 se sitúo en la intersección de las calles 9 de Octubre y Fco. de Orellana. Está ubicado en la acera del Ilustre Municipio del cantón Pastaza frente al UNIANDES.

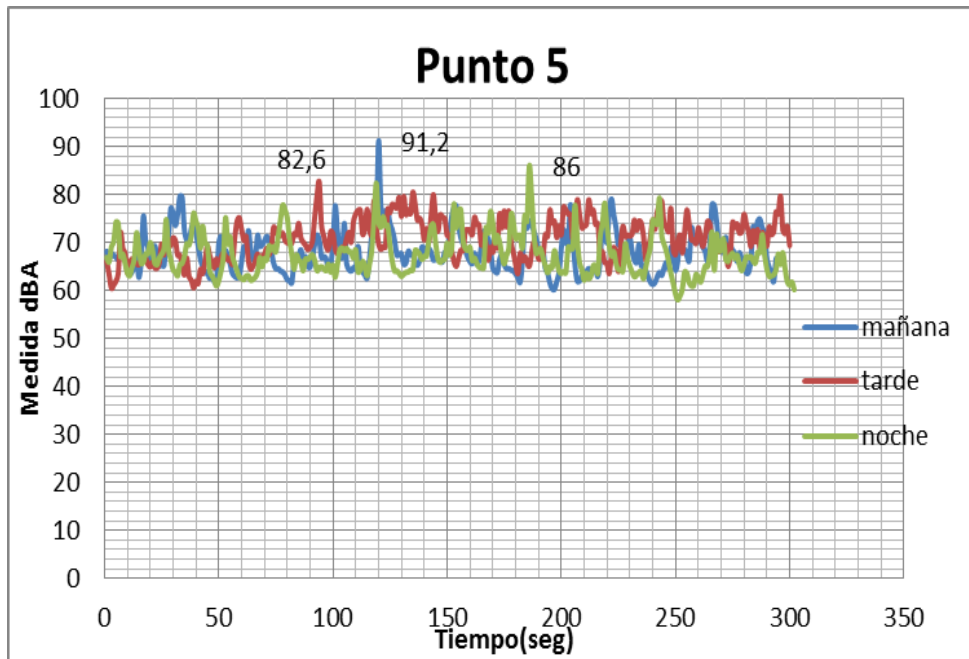
Los datos se tomaron el día Miércoles 10 y el sábado 20 de Agosto. En cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en las horas pico. De esta forma se consiguió realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el día miércoles 10 de la mismo mes, por el lapso de un minuto.

Figura 31 Datos medidos de nivel de ruido del punto 5 en la mañana, tarde y noche



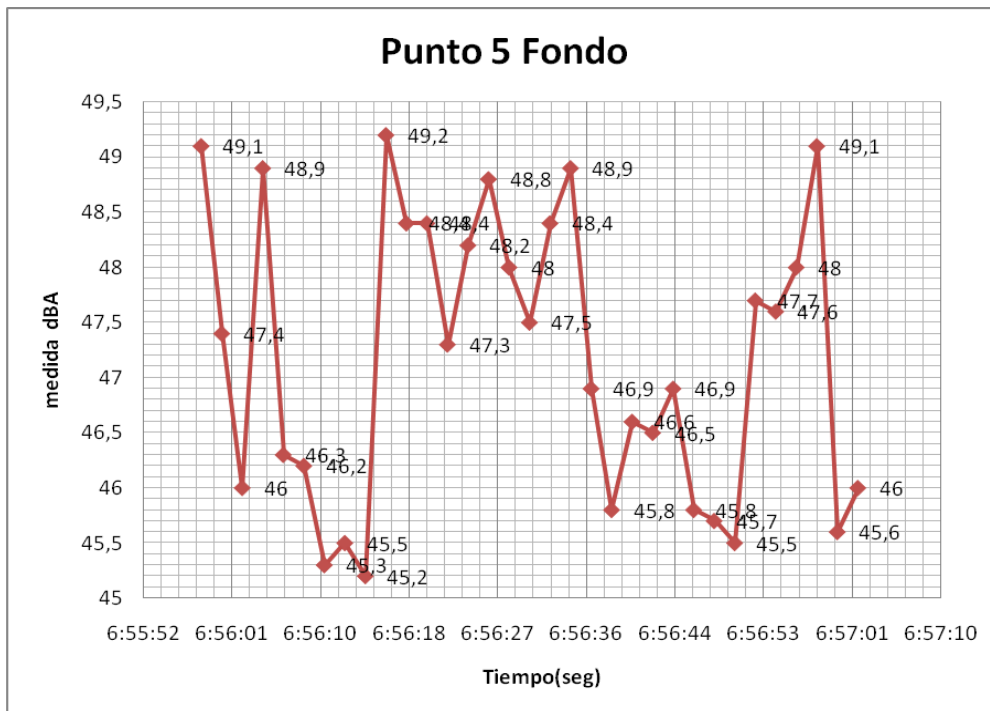
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11

Figura 32 Datos medidos de nivel de ruido del punto 5 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 20-08-11

Figura 33 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 5



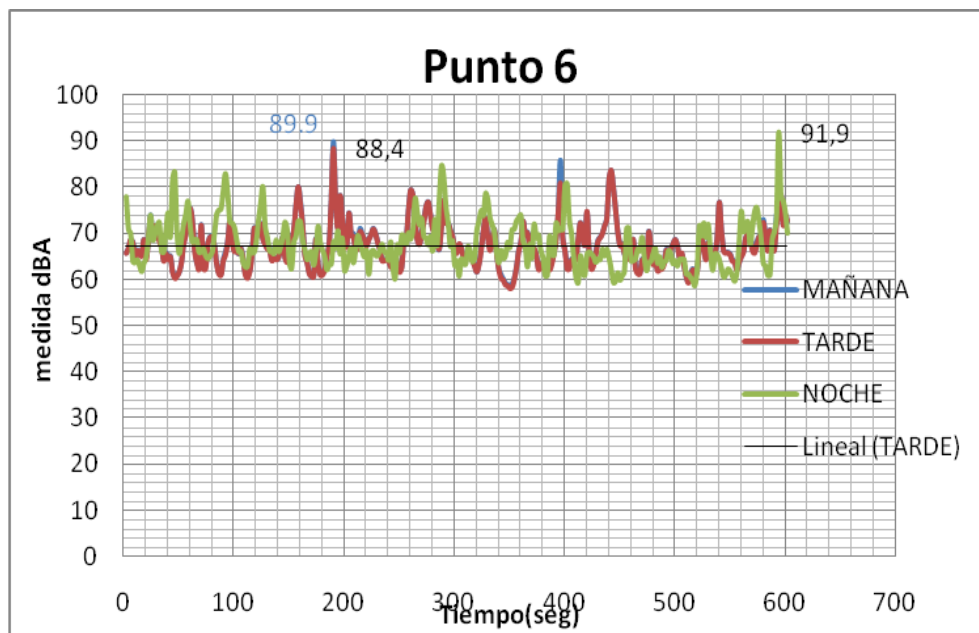
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11  
Hora: 6:55:58

### 3.5.6 Punto 6

El punto 6 se situó en intersección de las calles 27 de Febrero y Fco. de Orellana. Está ubicado en el parter situado en la mitad de esta intersección y el parqueadero del Ilustre Municipio Del Cantón Pastaza.

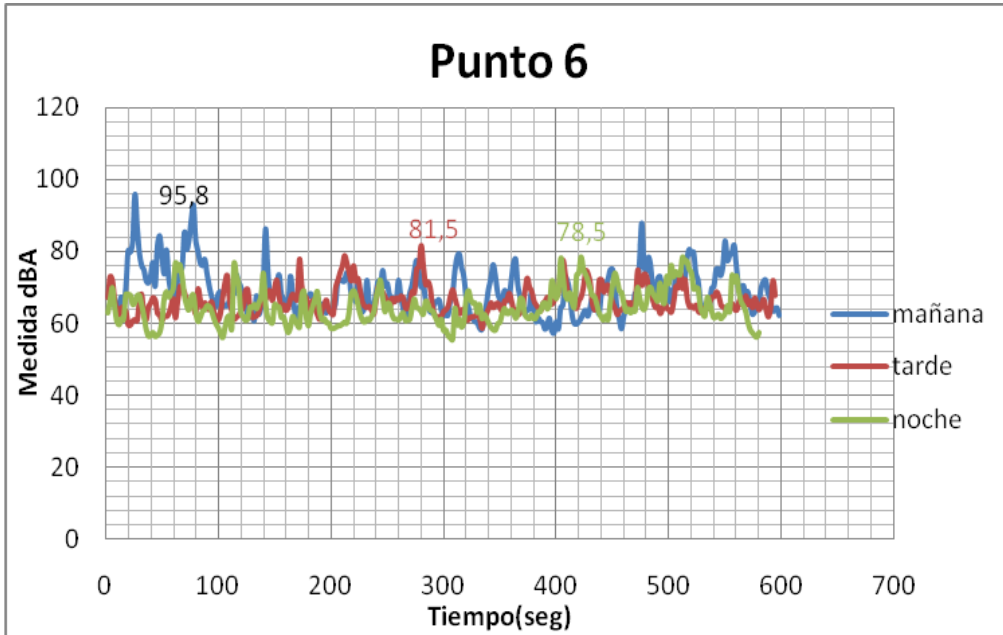
Los datos se tomaron el día Martes 9 y el domingo 21 de agosto. En cada día se realizaron tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el jueves 11, por el lapso de un minuto.

Figura 34 datos medidos de nivel de ruido del punto 6 en la mañana, tarde y noche



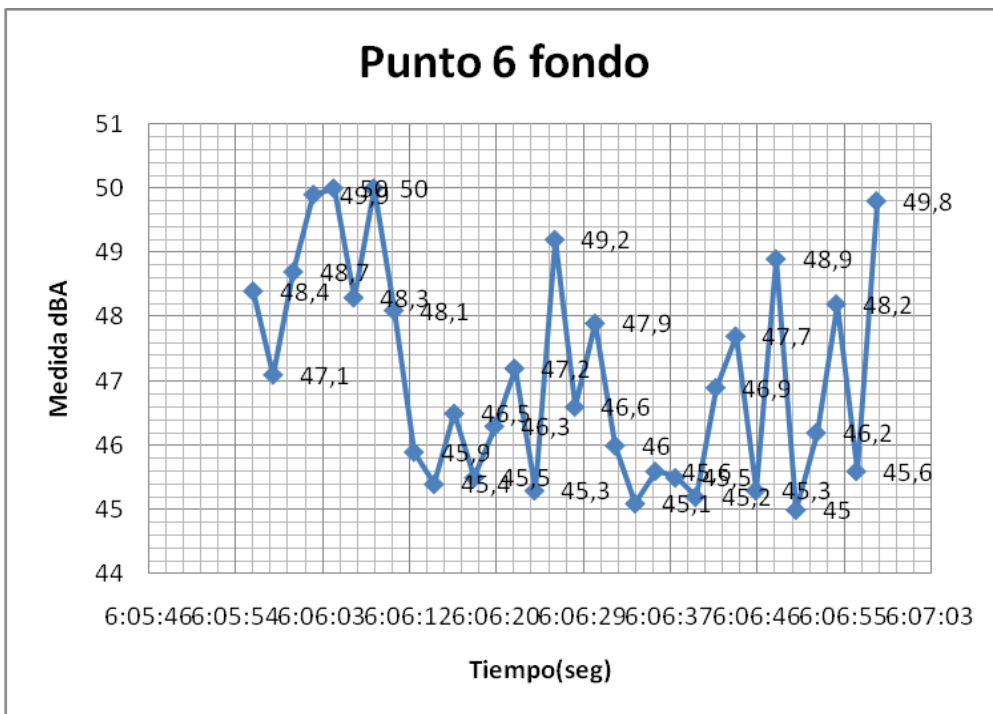
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 09-08-11

Figura 35 datos medidos de nivel de ruido del punto 6 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 21-08-11

Figura 36 datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 6



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 11-08-11  
Hora: 6:05:56

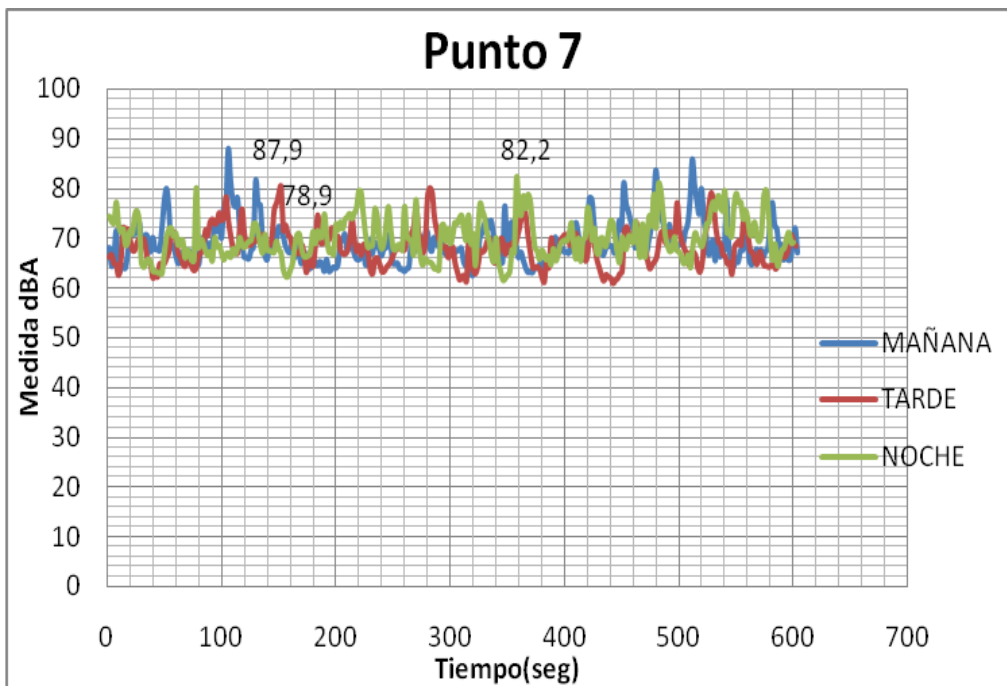


### 3.5.7 Punto 7

El punto 7 se situó en intersección de las calles 27 de Febrero y Atahualpa. Está ubicado en la acera del edificio de La cooperativa San Francisco, diagonal a un negocio de celulares Claro y una parada de bus urbano, frente a Foto Estudio YVES

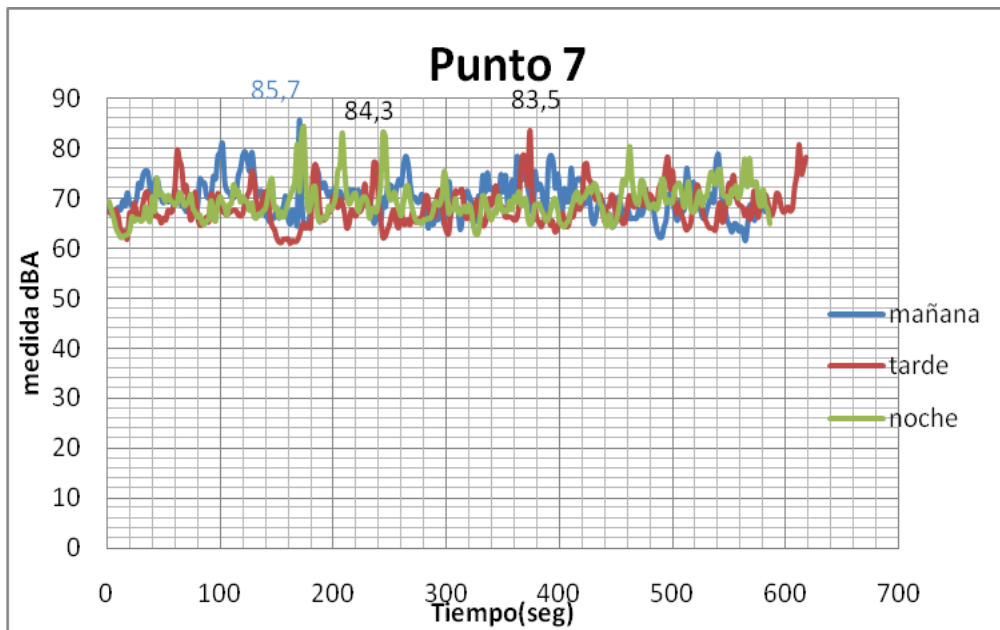
Los datos se tomaron el día Martes 9 y el domingo 21 de agosto. En cada día se realizaron tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en las horas pico; de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el jueves 11, por el lapso de un minuto.

Figura 37 Datos medidos de nivel de ruido del punto 7 en la mañana, tarde y noche



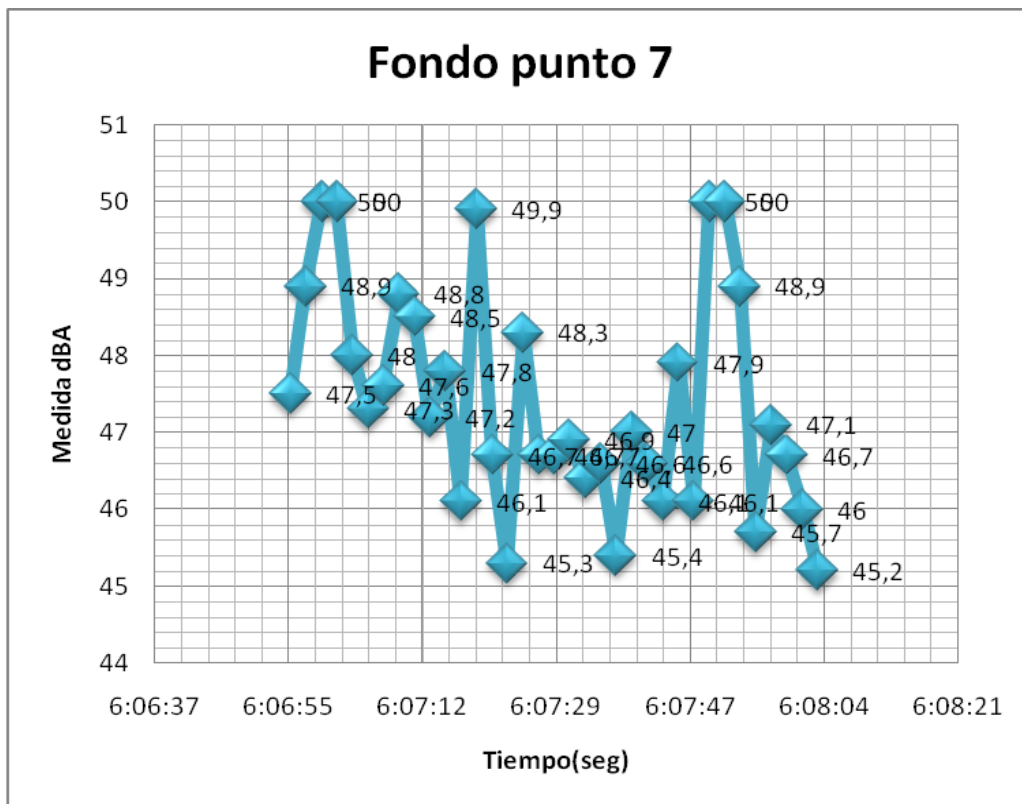
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 09-08-11

Figura 38 Datos medidos de nivel de ruido del punto 7 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
FECHA 21-08-11

Figura 39 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 7



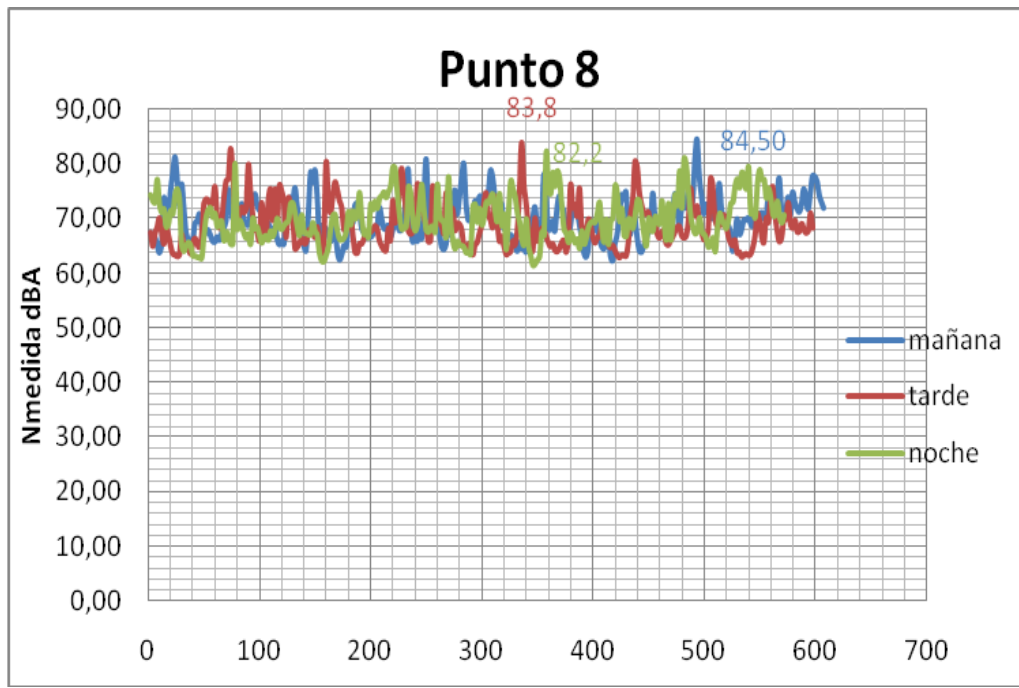
Datos Augusto Reyes  
Fecha 11-08-11  
Hora: 6:06:55

### 3.5.8 Punto 8

El punto 8 se sitúo en intersecciones de las Calles 9 de Octubre y Atahualpa está situado en la acera del edificio de la cooperativa Kullky Washy diagonal a un negocio de celulares Claro, frente a una parada de taxis, frente a la Farmacia Metropolitana.

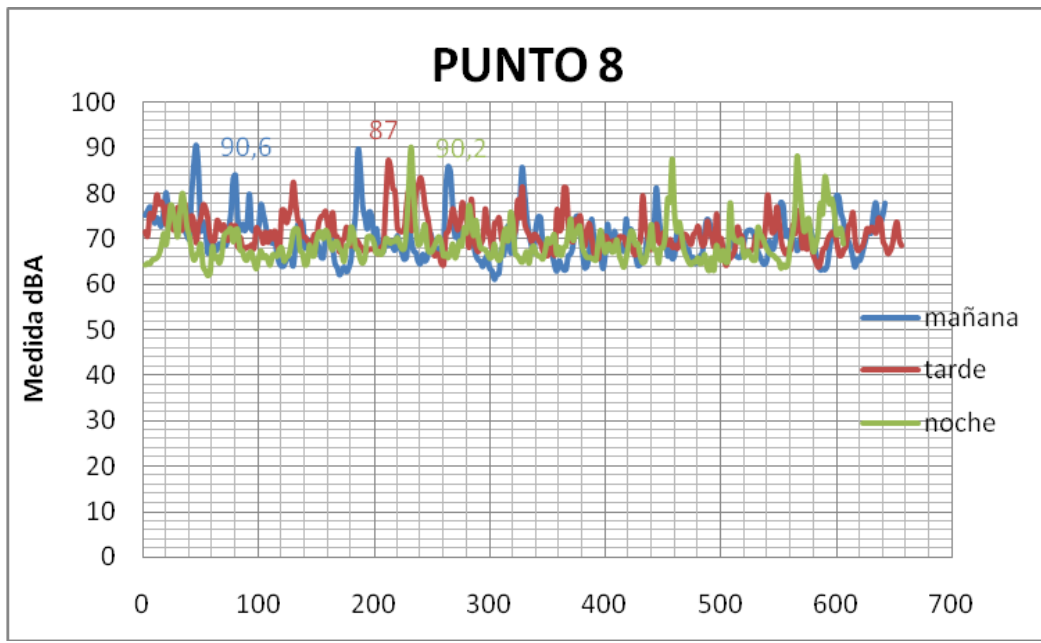
Los datos se tomaron el día Miércoles 10 y el sábado 20 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo el miércoles 10 por el lapso de un minuto.

Figura 40 Datos medidos de nivel de ruido del punto 8 en la mañana, tarde y noche



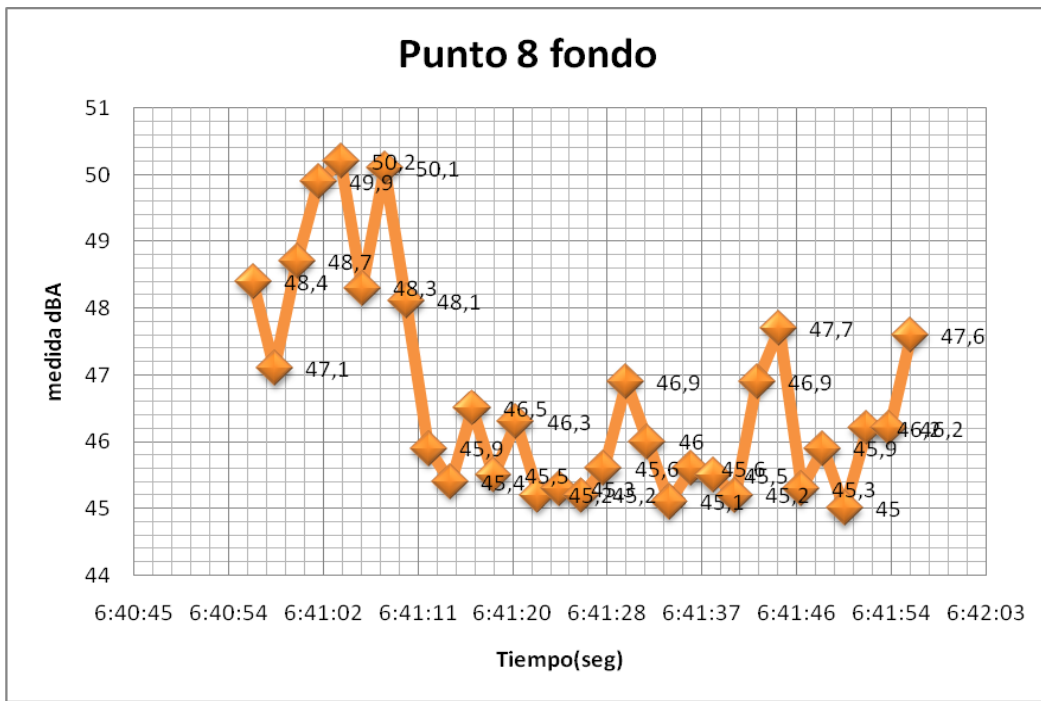
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11

Figura 41 Datos medidos de nivel de ruido del punto 8 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 20-08-11

Figura 42 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 8



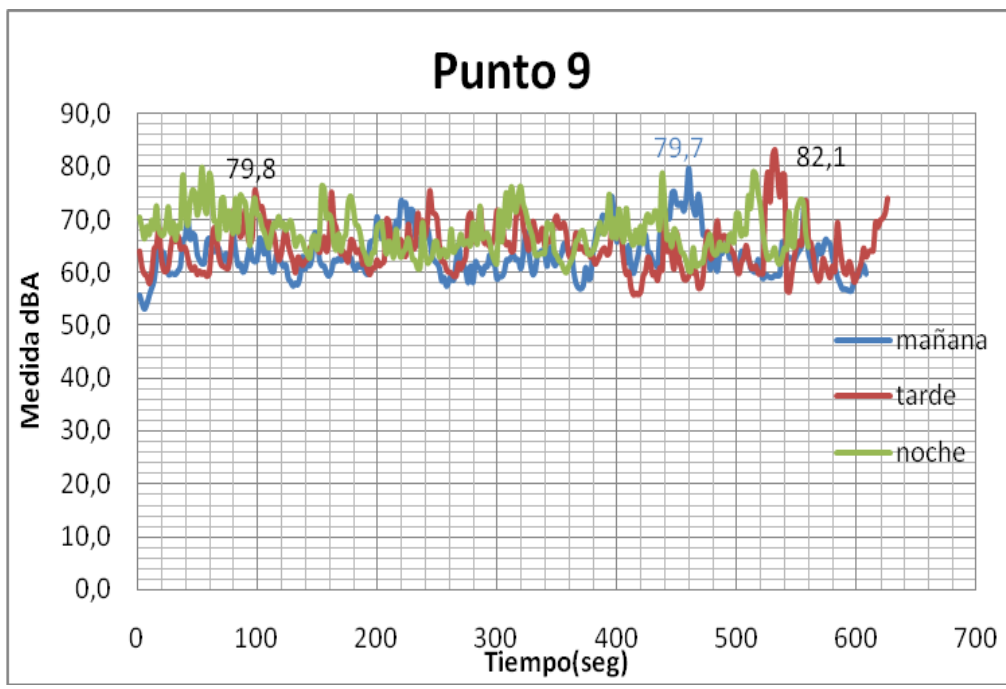
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 21-08-11  
Hora: 6:40:56

### 3.5.9 Punto 9

El punto 9 se sitúo en intersecciones de las Calles 10 de Agosto y Atahualpa está ubicado en la acera de la Farmacia Cruz Azul diagonal a un servicio al cliente de Movistar y frente a la gobernación de Pastaza.

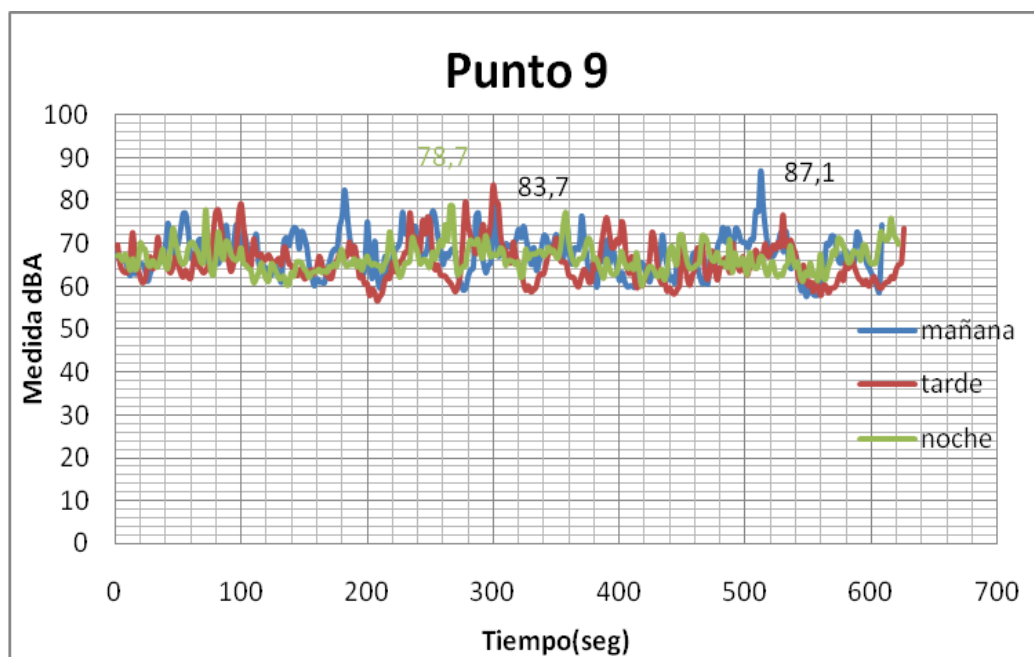
Los datos se tomaron el día jueves 11 y el viernes 19 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo el jueves 11 por el lapso de un minuto.

Figura 43 Datos medidos de nivel de ruido del punto 9 en la mañana, tarde y noche



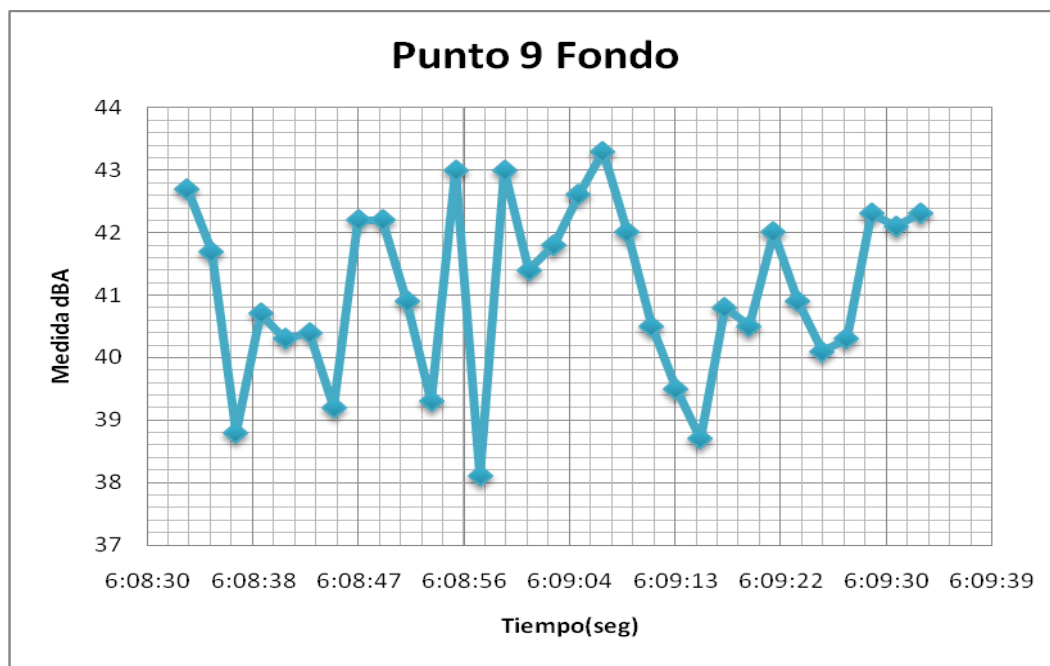
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 11-08-11

Figura 44 Datos medidos de nivel de ruido del punto 9 en la mañana, tarde y noche



Fuente Augusto Reyes  
Fecha 19-08-11

Figura 45 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 9



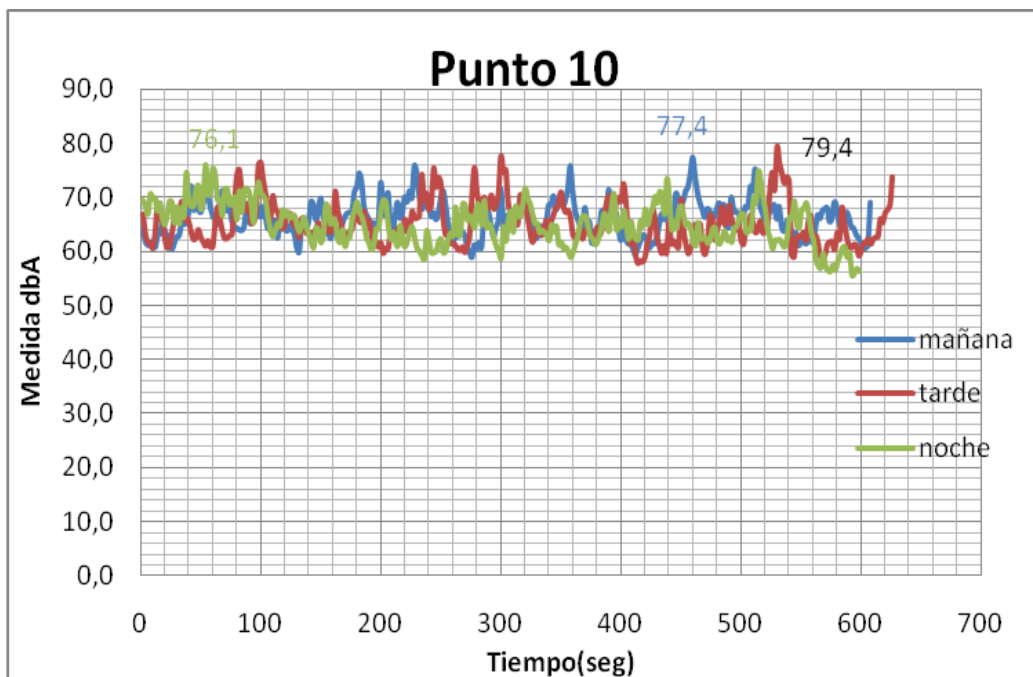
Fuente Augusto Reyes  
Fecha 11-08-11  
Hora: 6:08:33

### 3.5.10 Punto 10

El punto 10 se sitió en la intersección de las Calles 10 de agosto y Bolívar está situado en la acera del Parque central

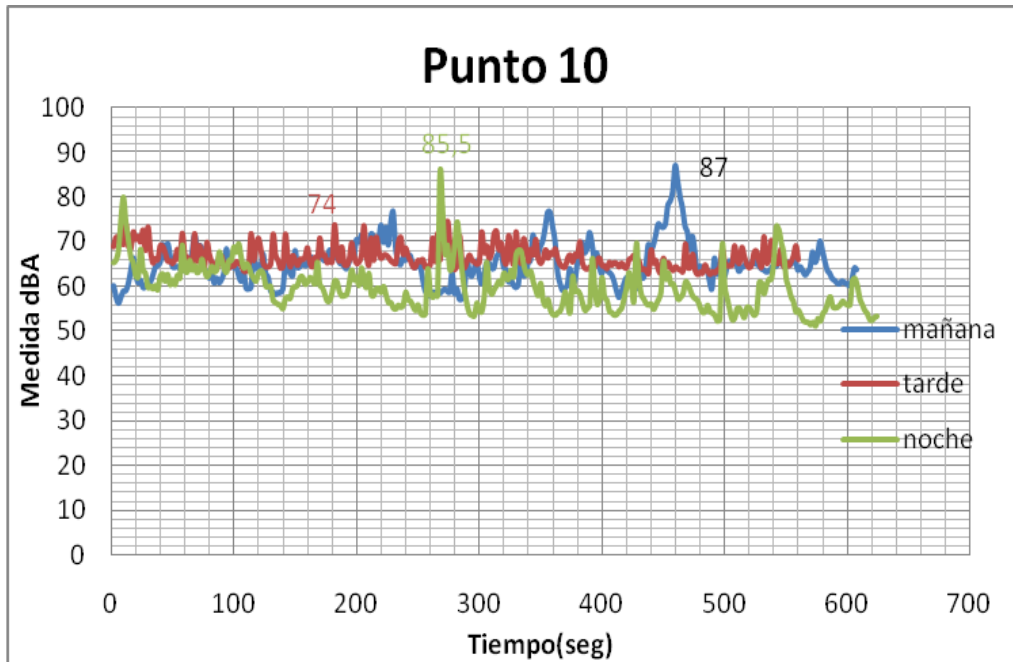
Los datos se tomaron el jueves 11 y el viernes 19 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo el jueves 11 por el lapso de un minuto.

Figura 46 datos medidos de nivel de ruido del punto 10 en la mañana, tarde y noche



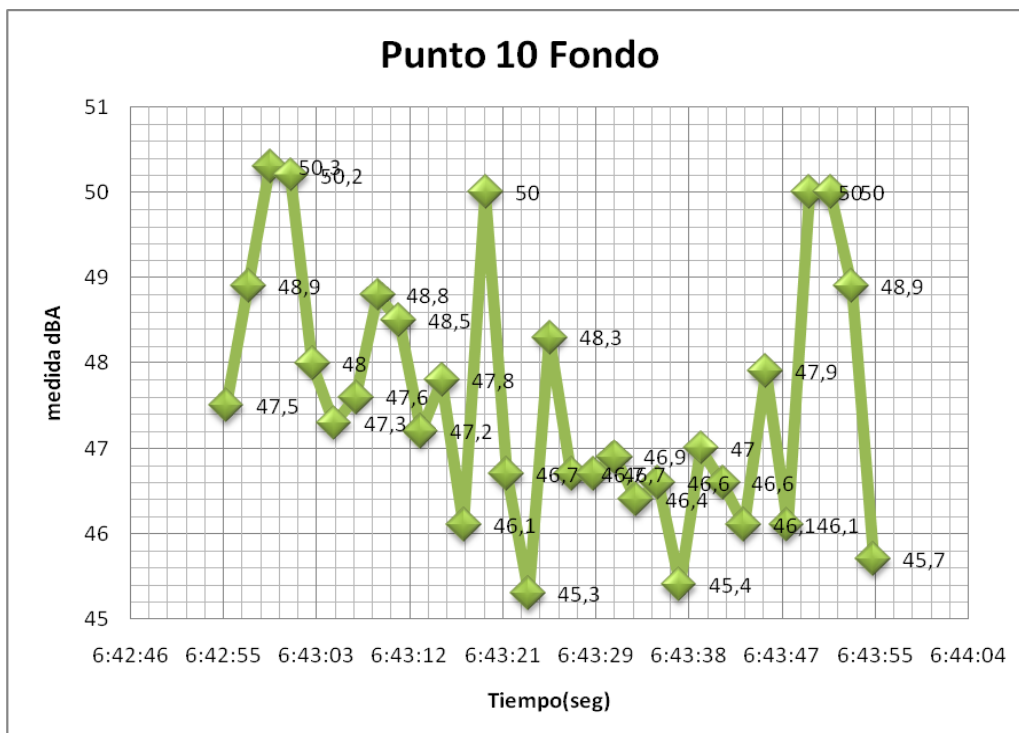
Fuente: Augusto reyes  
Fecha: 11-08-11

Figura 47 Datos medidos de nivel de ruido del punto 10 en la mañana, tarde y noche



Fuente: agosto reyes  
Fecha: 19-08-11

Figura 48 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 10



Fuente: agosto reyes  
Fecha: 10-08-11  
Hora: 6:42:53

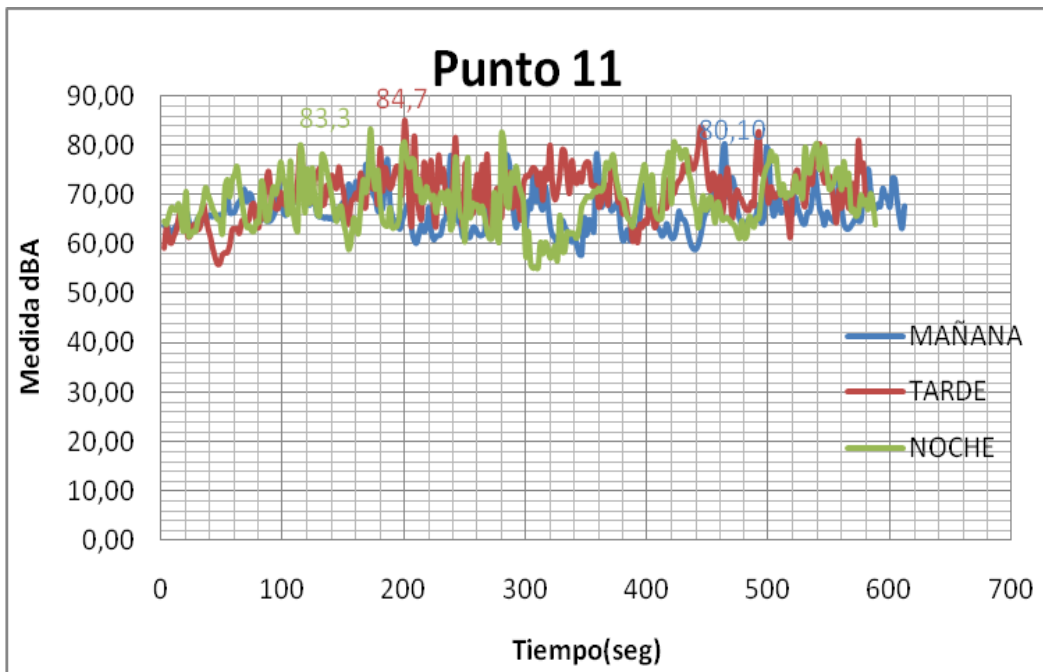


### 3.5.11 Punto 11

El punto 11 se sitúo en intersecciones de las Calles 9 de octubre y Bolívar está situado en la acera del parque Central Frente a la plaza Roja y a un negocio de comidas.

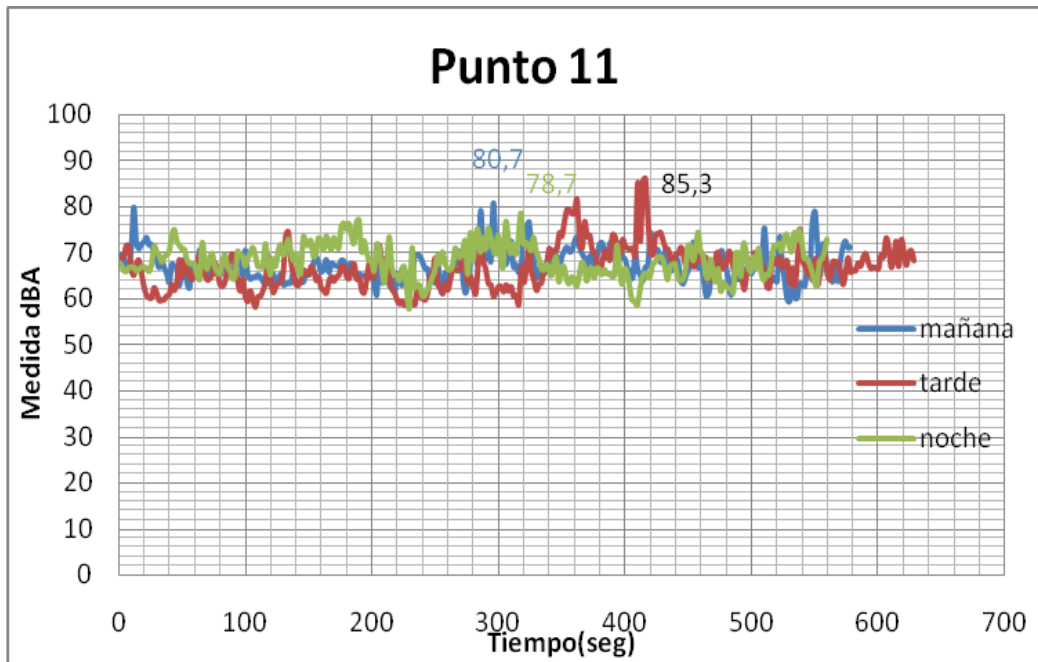
Los datos se tomaron el día Miércoles 10 y el sábado 20 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo el Miércoles 10 por el lapso de un minuto.

Figura 49 Datos medidos de nivel de ruido del punto 11 en la mañana, tarde y noche



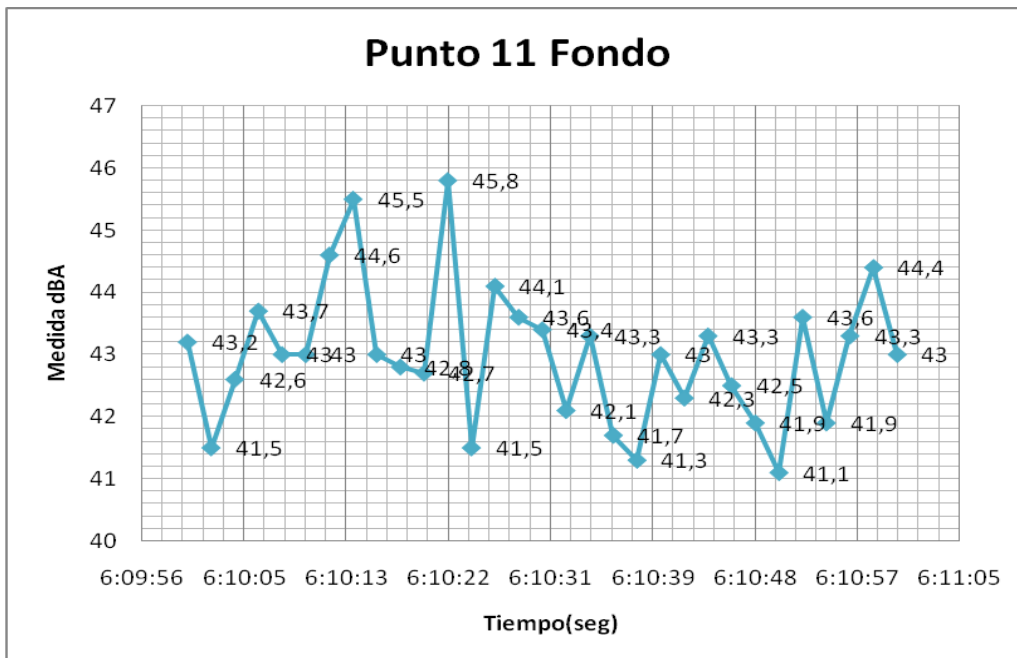
Fuente: Augusto Reyes  
Fecha 10-08-11

Figura 50 Datos medidos de nivel de ruido del punto 11 en la mañana, tarde y noche



Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 20-08-11

Figura 51 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 11



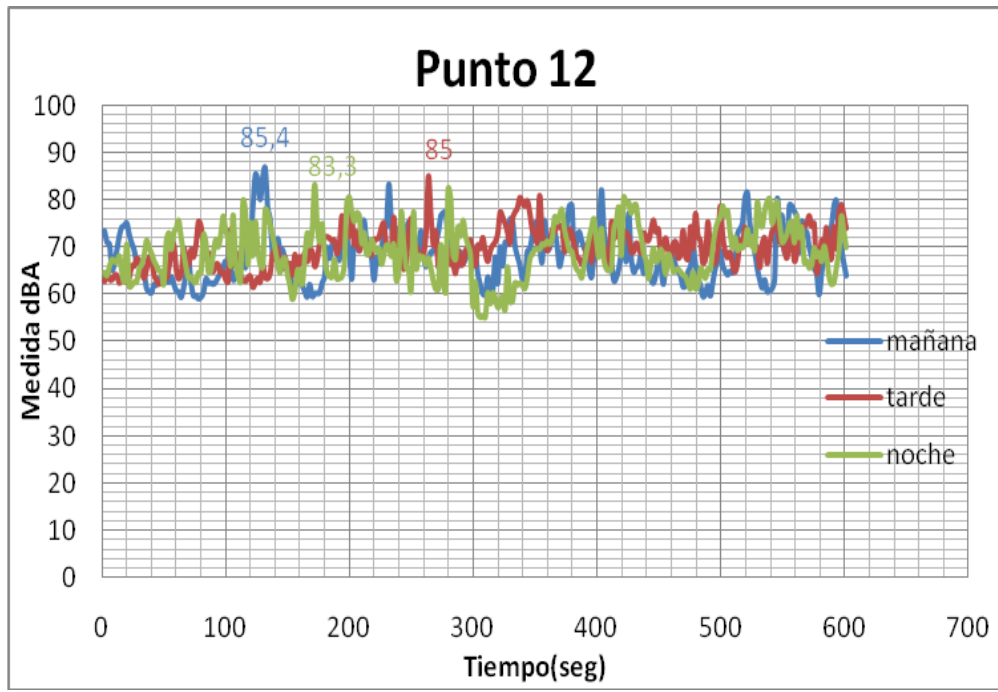
Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 10-08-11  
Hora: 6:10:00

### 3.5.12 Punto 12

El punto 12 se sitúo en intersecciones de las Calles 27 de Febrero y Bolívar está ubicado en la acera de la Casa de la Cultura Núcleo Pastaza, frente a un negocio de venta de ropa y diagonal a la clínica de especialidades Nova Luz.

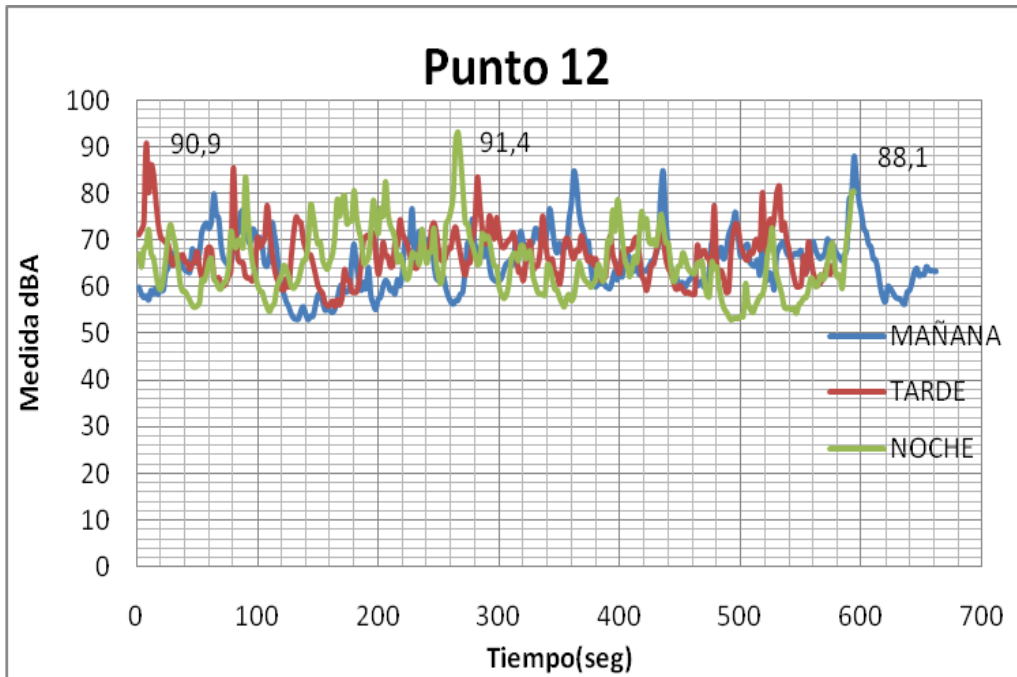
Los datos se tomaron el día Martes 9 y el Domingo 21 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo jueves 11 por el lapso de un minuto.

Figura 52 Datos medidos de nivel de ruido del punto 12 en la mañana, tarde y noche



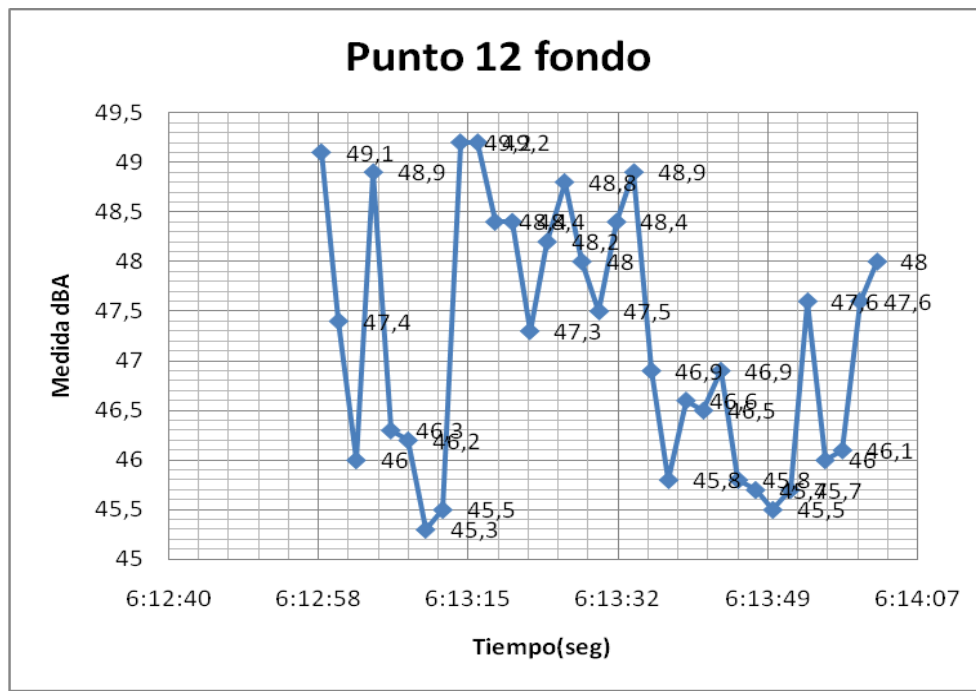
Fuente: agosto reyes  
Fecha: 09-08-11

Figura 53 Datos medidos de nivel de ruido del punto 12 en la mañana, tarde y noche



Fuente: agosto reyes  
Fecha: 21-08-11

Figura 54 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 12



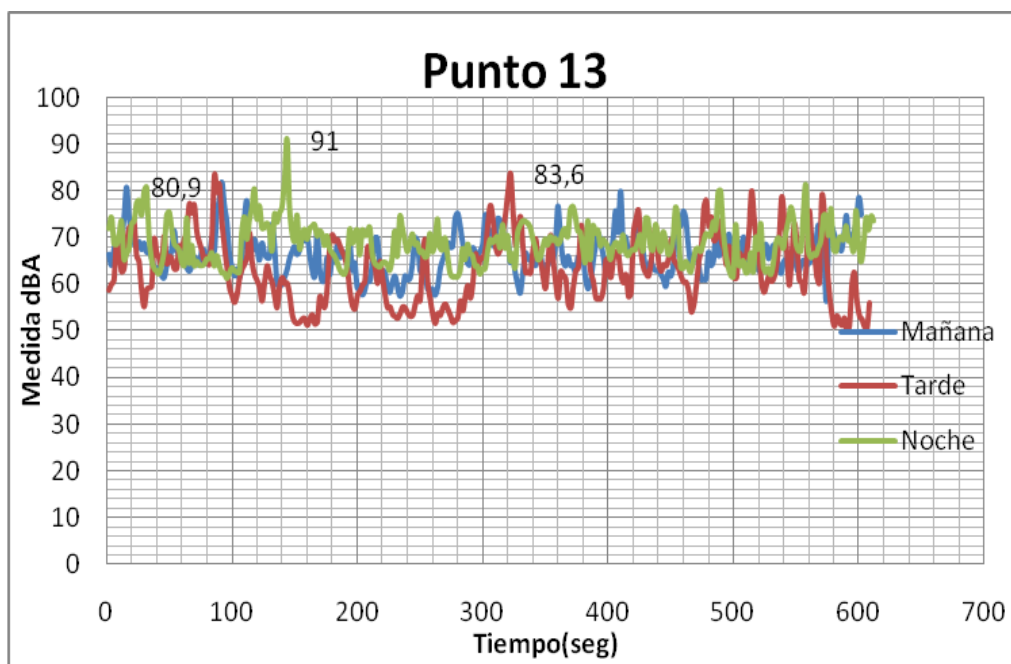
Fuente: agosto reyes  
Fecha: 11-08-11  
Hora: 6:12:58

### 3.5.13 Punto 13

El punto 13 se ubico en intersecciones de las Calles 27 de Febrero y Cèsiao Marín está situado en la acera de la Panadería y Pastelería Pan de Casa Frente a la Hostería Los Còfanos y diagonal a un Movistar.

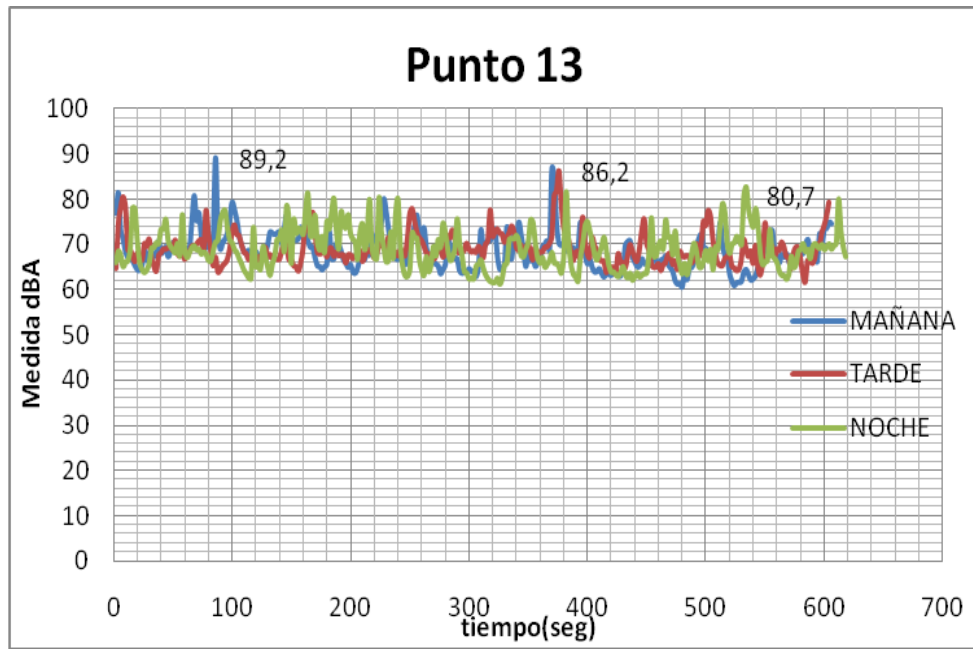
Los datos se tomaron el día Martes 9 y el Domingo 21 de agosto en cada día se realizo tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizo una medida de fondo El días miércoles 10 por el lapso de un minuto.

Figura 55 Datos medidos de nivel de ruido del punto 13 en la mañana, tarde y noche



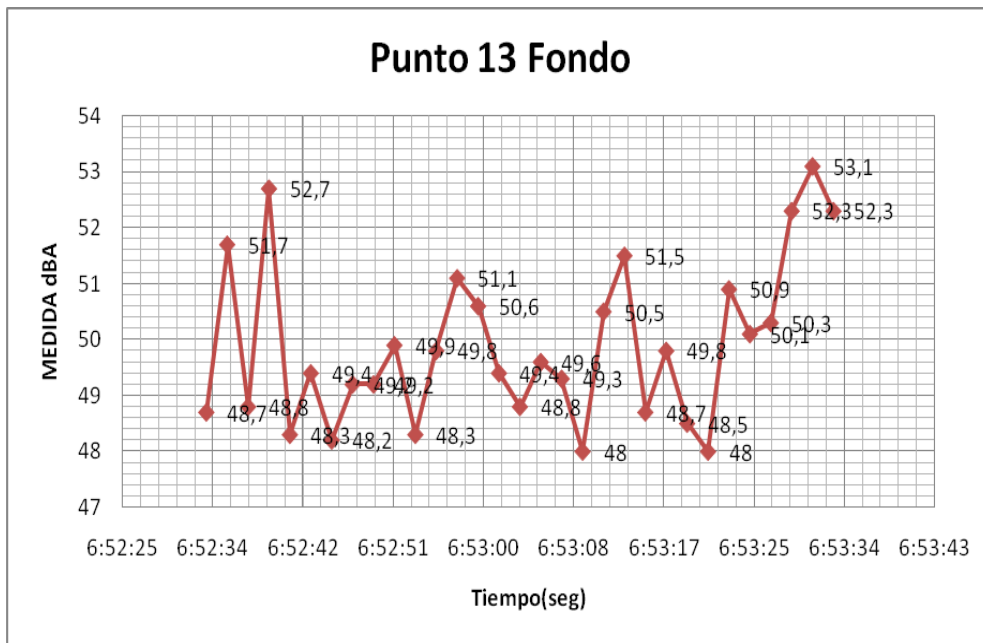
Fuente: agosto reyes  
Fecha: 09-08-11

Figura 56 Datos medidos de nivel de ruido del punto 13 en la mañana, tarde y noche



Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 21-08-11

Figura 57 datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 13



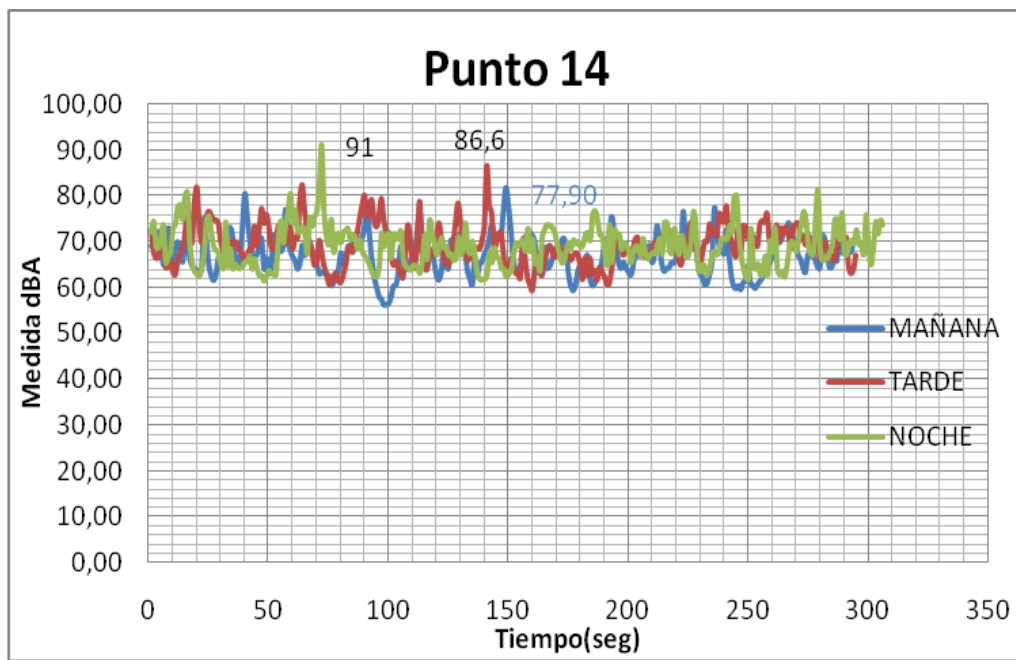
Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 11-08-11  
Hora: 6:52:53

### 3.5.14 Punto 14

El punto 14 se ubicó en intersecciones de las Calles 9 de octubre y Cèsloa Marín está situado en la acera del edificio del SRI diagonal a Cooperativa Muyak Runa frente a la Plaza Roja.

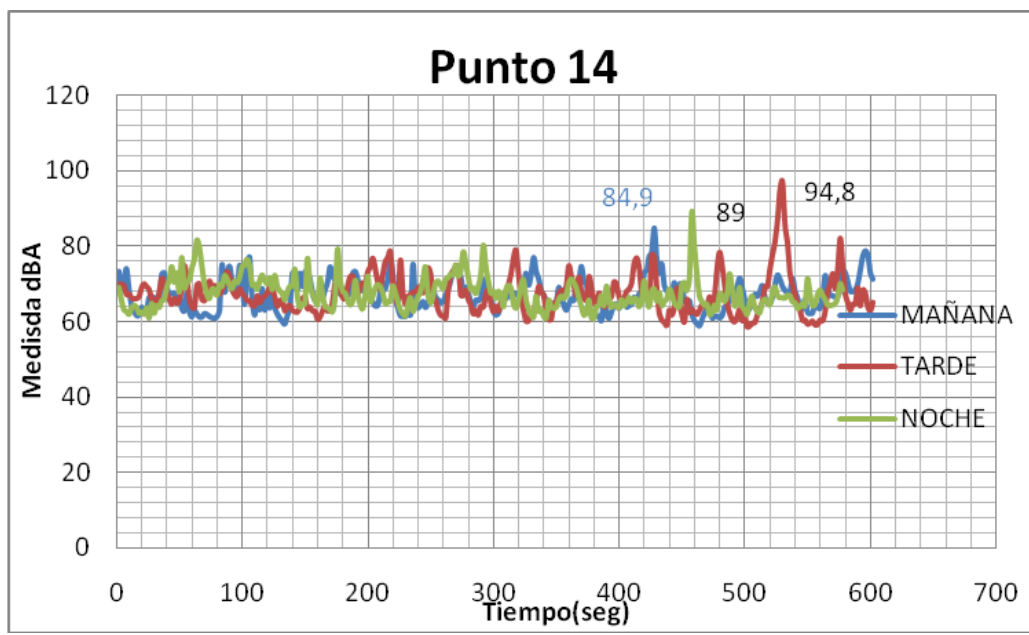
Los datos se tomaron el día Miércoles 10 y el sábado 20 de agosto en cada día se realizó tres repeticiones en la mañana, tarde y noche por un lapso de 10 min, en la horas pico de esta forma conseguimos realizar seis repeticiones en este punto, también se realizó una medida de fondo el día miércoles por el lapso de un minuto.

Figura 58 datos medidos de nivel de ruido del punto 14 en la mañana, tarde y noche



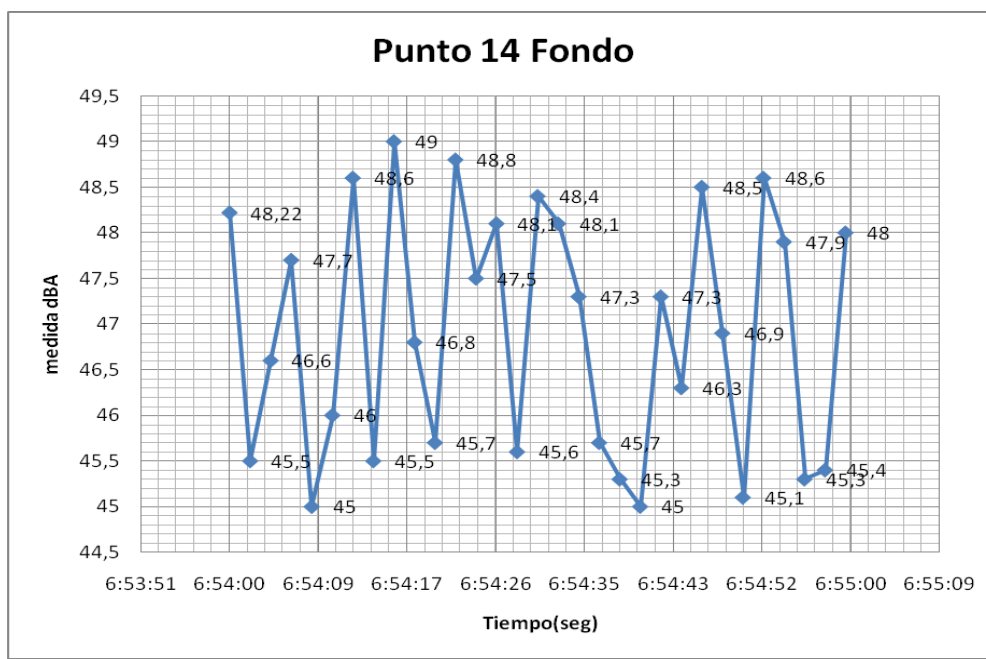
Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 10-08-11

Figura 59 Datos medidos de nivel de ruido del punto 14 en la mañana, tarde y noche



Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 20-08-11

Figura 60 Datos medidos de nivel de ruido de fondo en el punto 14



Fuente: Augusto Reyes  
Fecha: 10-08-11  
Hora: 6:54:00



# CAPÍTULO IV

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Tratamiento de los datos de Ruido

Una vez realizado el monitoreo de ruido se obtuvo los datos que a continuación se presentan en las siguientes tablas. Como el ruido es una onda y se lo mide en escalas logarítmicas, el tratamiento de los datos se los realizó con la siguiente ecuación para encontrar el promedio logarítmico de los mismos. Esto fue aplicado a los datos mostrados anteriormente.

$$NPSeqA = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{NPsi}{10}} \right]$$

Ecuación 6 Promedio logarítmico

Donde:

NPSeq: Nivel de presión sonora equivalente con ponderación A

NPsi: Nivel de presión sonora equivalentes medidos

n: número de mediciones

Tabla 9 Promedios logarítmicos en cada punto

	punto 1(dBA)		PUNTO 2(dBA)		PUNTO 3(dBA)		PUNTO 4(dBA)	
1	68,81	7596404,869	69,0	7978243,3	66,2	4139996,7	66,0	4017908,1
2	68,70	7406784,471	68,3	6771511,8	68,6	7261059,6	68,6	7294575,1
3	69,86	9684630,434	72,7	18505813,3	68,5	7112135,1	68,8	7655966,1
4	69,46	8827229,187	68,5	7011758,6	66,4	4365158,3	72,0	15995580,3
5	68,12	6485555,917	68,8	7604949,2	75,6	36391503,6	70,0	9885530,9
6	69,44	8785266,712	71,8	15110480,0	69,8	9571940,7	72,0	15848931,9
	SUMA	48785871,59	SUMA	62982756,2	SUMA	68841794,1	SUMA	60698492,4
	Prom Log.	69,10	P. LOG.	70,2	P. LOG.	70,6	P. LOG.	70,1

PUNTO 5		PUNTO 6		PUNTO 7	
71,92	15559656	71,23	13273945	72,32	17060824
69,94	9862795	71,23	13273945	70,16	10375284
72,67	18492686	72,7	18620871	72,11	16255488
71,74	14927944	76,72	46989411	72,06	16069413
72,72	18706821	68,5	7079458	70,33	10789467
70,42	11015393	67,94	6223003	71,53	14223288
SUMA	88565296	SUMA	1,05E+08	SUMA	84773763
P. LOG.	71,69	P. LOG.	72,45	P. LOG.	71,50

Fuente: Augusto Reyes

Promedios logarítmicos en cada punto continuación

	PUNTO 8(dBA)		PUNTO 9(dBA)		PUNTO 10(dBA)		PUNTO 11	
1	72,03	16143586	65,96	3994573	67,55	5688529	69,09	8109611
2	71,11	12912193	68,23	6652731,6	67,61	5767664,434	73,12	20511622
3	72,07	16106456	69,78	9506047,9	66,78	4764310	72,46	17619760
4	74,61	28906799	70,65	11614486	69,19	8298508	68,96	7870458
5	73,67	232809126	69,06	8053784,4	67,68	5861382	70,53	11297959
6	73,17	20749135	67,77	5984116	65,49	3539973	69,91	9794900
	SUMA	327627294	SUMA	45805739	SUMA	33920366	SUMA	75204310
	P. LOG.	77,37	P. LOG.	68,83	P. LOG.	67,52	P. LOG.	70,98

Fuente: Augusto Reyes

Promedios logarítmicos en cada punto continuación

PUNTO 12 (dBA)		PUNTO 13(dBA)		PUNTO 14(dBA)	
72,7	18620871	69,22	8356030	69,18	8279421,6
71,92	15559656	69,23	8375293	71,95	15667511
72,43	17498467	72,4	17378008	72,4	17378008
71	12589254	72,02	15922087	69,74	9418896
72,49	17741895	71,18	13121999	76,08	40550854
73,94	24774221	71,63	14554591	70,76	11912420
SUMA	1,07E+08	SUMA	77708008	SUMA	103207110
P. LOG.	72,50	P. LOG.	71,12	P. LOG.	72,36

Fuente: Augusto Reyes

Tabla 10 Ruido de fondo en cada punto

PUNTO	FECHA	RUIDO DE FONDO dBA	*Norma dBA
1	11/08/2011	52,8	65,00
2	11/08/2011	48,4	65,00
3	10/08/2011	53,3	65,00
4	10/08/2011	52,4	65,00
5	10/08/2011	47,4	65,00
6	11/08/2011	47,4	65,00
7	11/08/2011	47,7	65,00
8	10/08/2011	47,0	65,00
9	11/08/2011	41,3	65,00
10	10/08/2011	47,9	65,00
11	11/08/2011	43,1	65,00
12	11/08/2011	47,4	65,00
13	10/08/2011	50,2	65,00
14	10/08/2011	47,1	65,00
<b>Promedio Log Final</b>		<b>48,1</b>	

Fuente: Augusto Reyes

\* TULAS libro 6 anexo 5 (4.1.4.5).

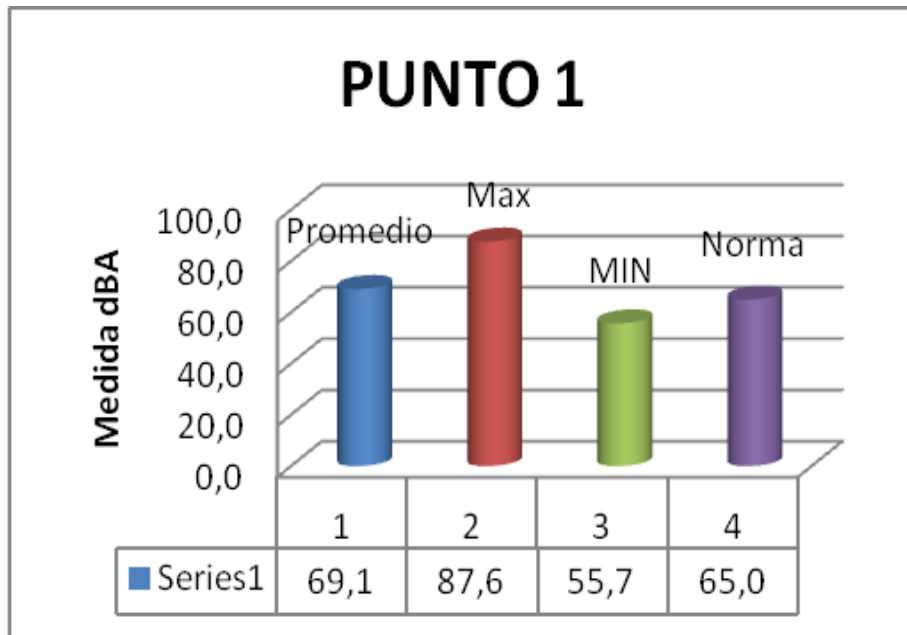
Tabla 11 Correcciones aritméticas según la norma

Punto	Npseq dBA	Fondo dBA	Medida corregida dBA	* NPseq Norma dBA	Cumplimiento	
1	69,1	52,8	69,1	65,0	no cumple	8130978,6
2	70,2	48,4	70,2	65,0	no cumple	10497126,0
3	70,6	53,3	70,6	65,0	no cumple	11473632,4
4	70,1	52,4	70,1	65,0	no cumple	10116415,4
5	71,7	47,4	71,7	65,0	no cumple	14760882,7
6	72,4	47,4	72,4	65,0	no cumple	17576772,0
7	71,5	47,7	71,5	65,0	no cumple	14128960,5
8	77,4	47,0	77,4	65,0	no cumple	54604549,0
9	68,8	41,3	68,8	65,0	no cumple	7634289,8
10	67,5	47,9	67,5	65,0	no cumple	5653394,4
11	71,0	43,1	71,0	65,0	no cumple	12534051,6
12	72,5	47,4	72,5	65,0	no cumple	17797394,0
13	71,1	50,2	71,1	65,0	no cumple	12951334,7
14	72,4	47,1	72,4	65,0	no cumple	17201185,0
					SUMA	215060966,3
					<b>Npseq final dBA</b>	<b>71,9</b>

Fuente: Augusto Reyes

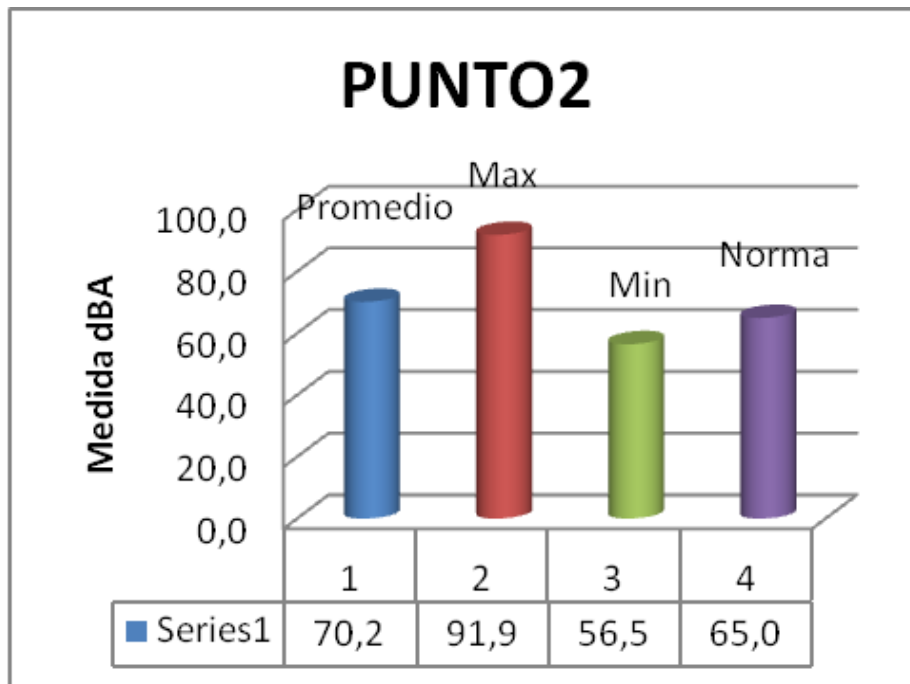
\* TULAS libro 6 anexo 5 (4.1.4.5).

Gráfico 2 Resultados finales punto 1



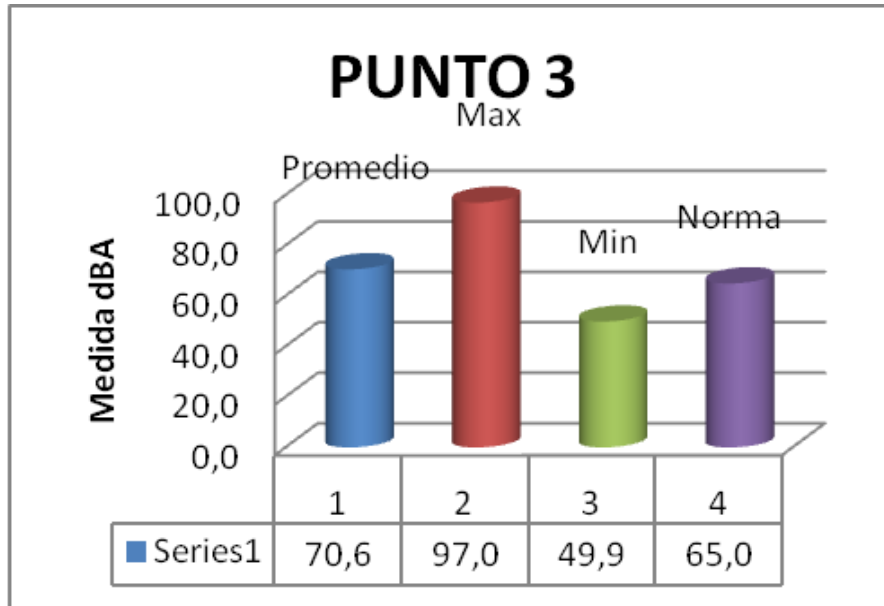
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 3 Resultados finales punto 2



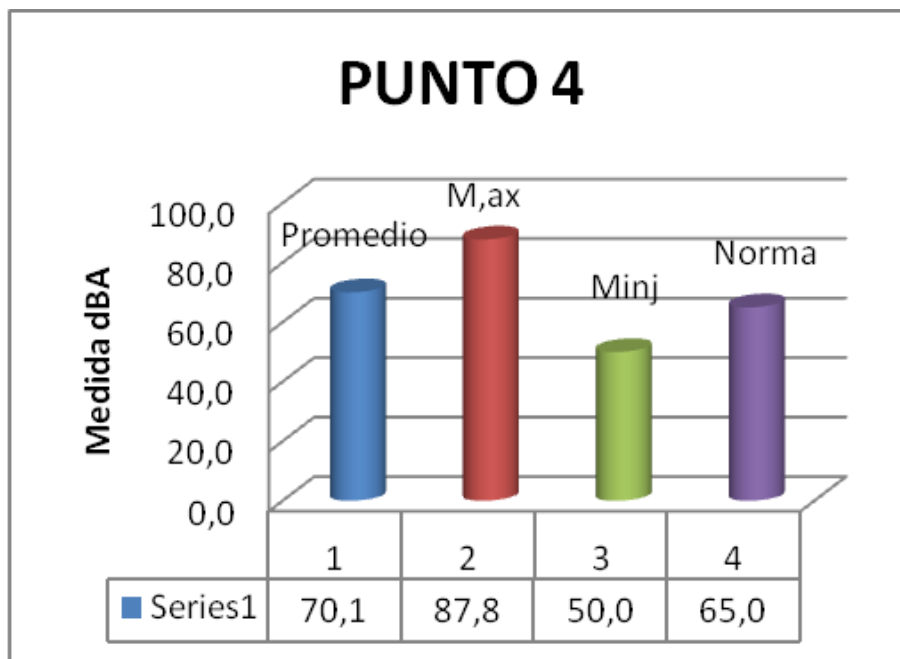
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 4 Resultados finales punto 3



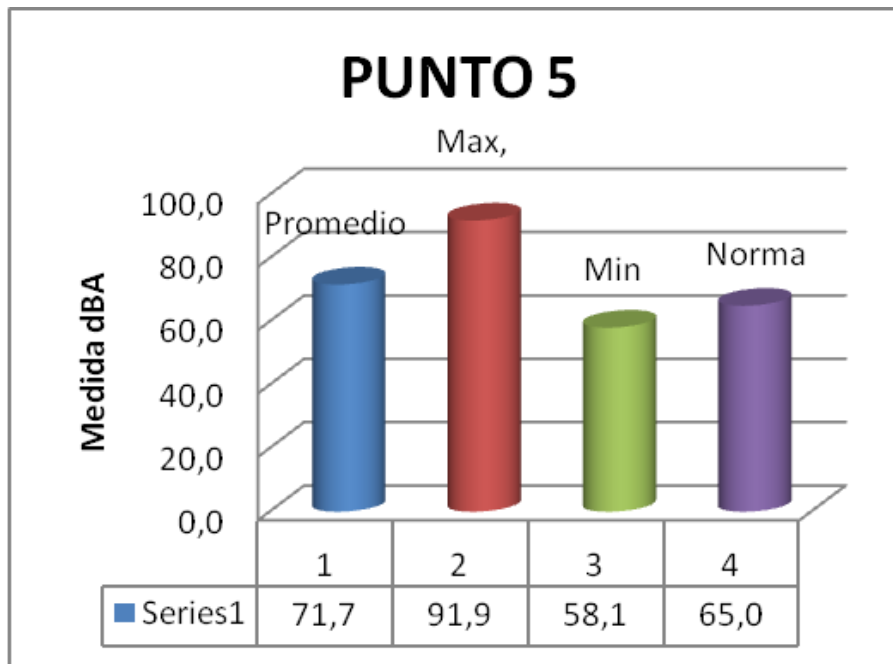
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 5 Resultados finales punto 4



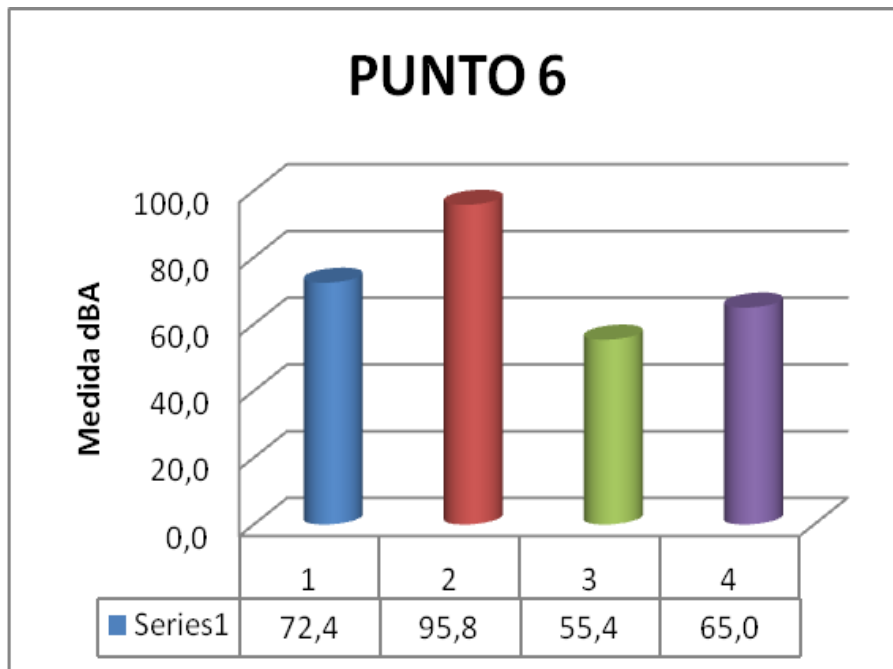
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 6 Resultados finales punto 5



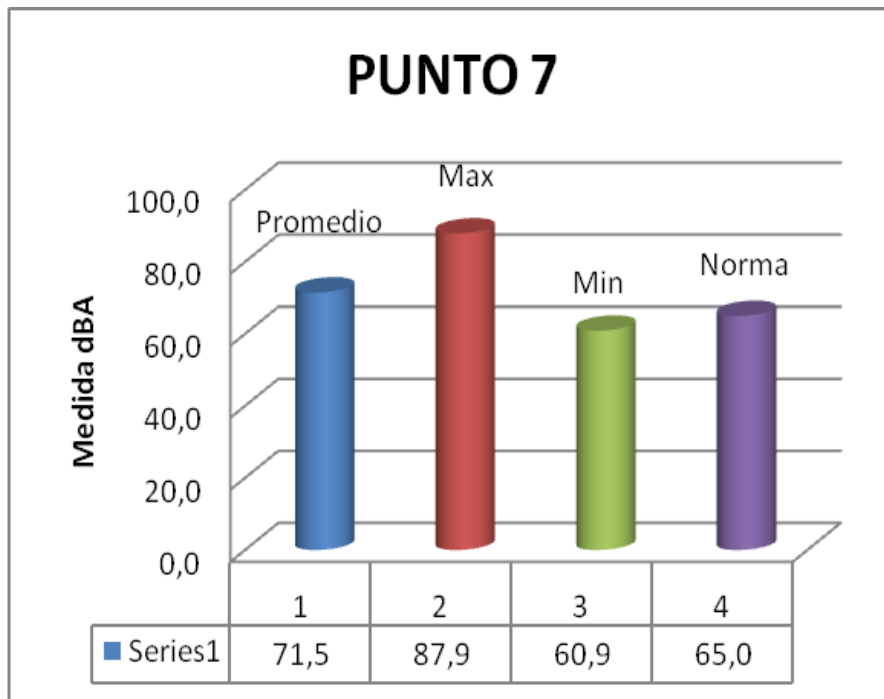
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 7 Resultados finales punto 6



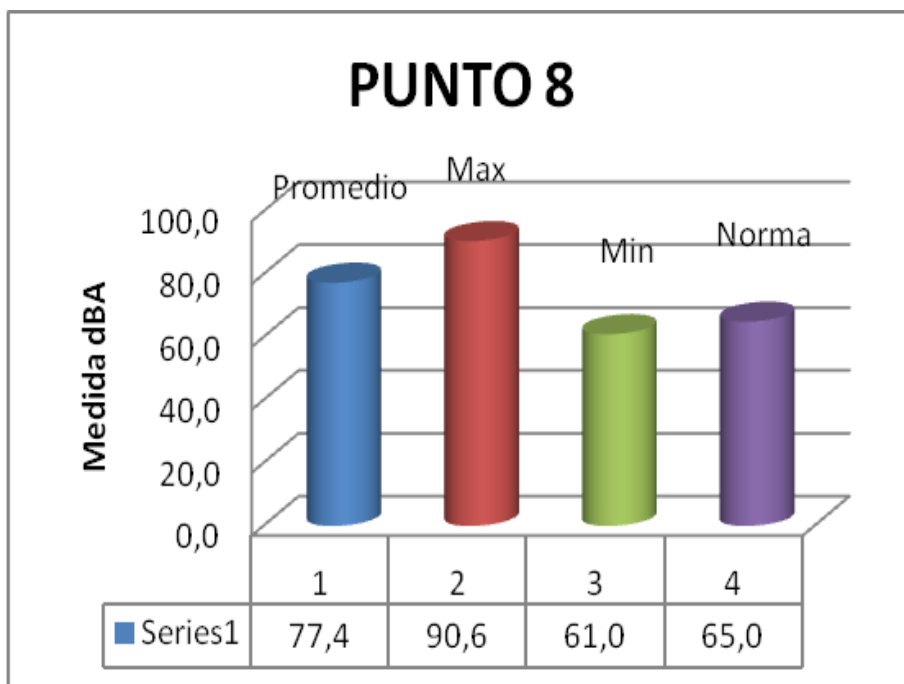
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 8 Resultados finales punto 7



Fuente: Augusto Reyes

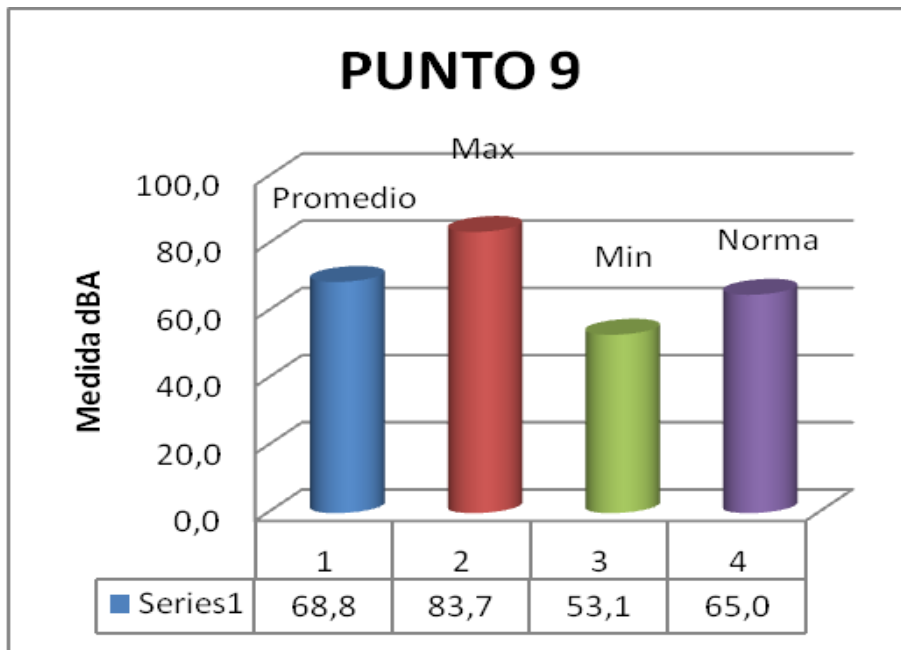
Gráfico 9 Resultados finales punto 8



Fuente: Augusto Reyes

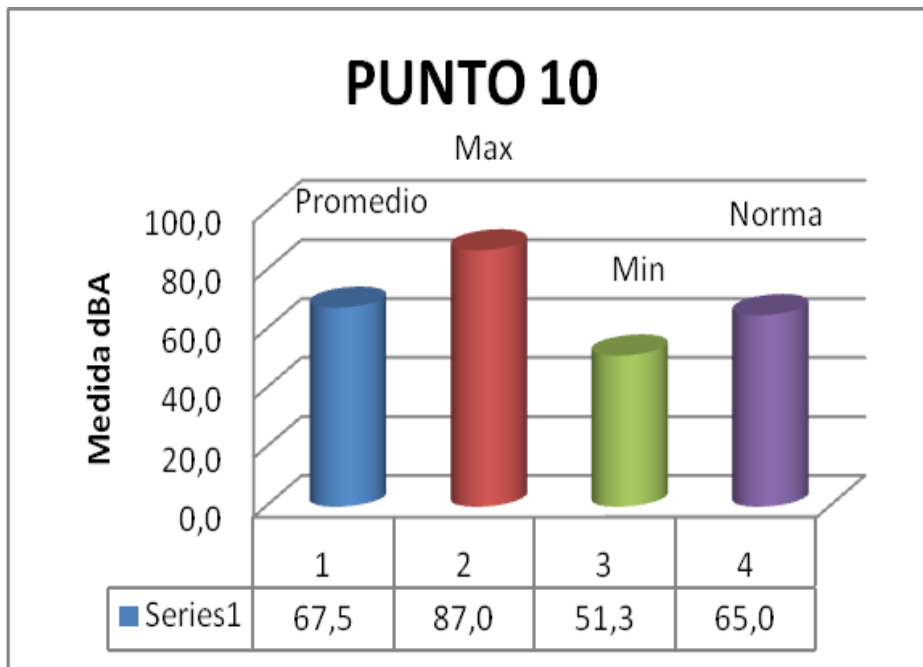


Gráfico 10 Resultados finales punto 9



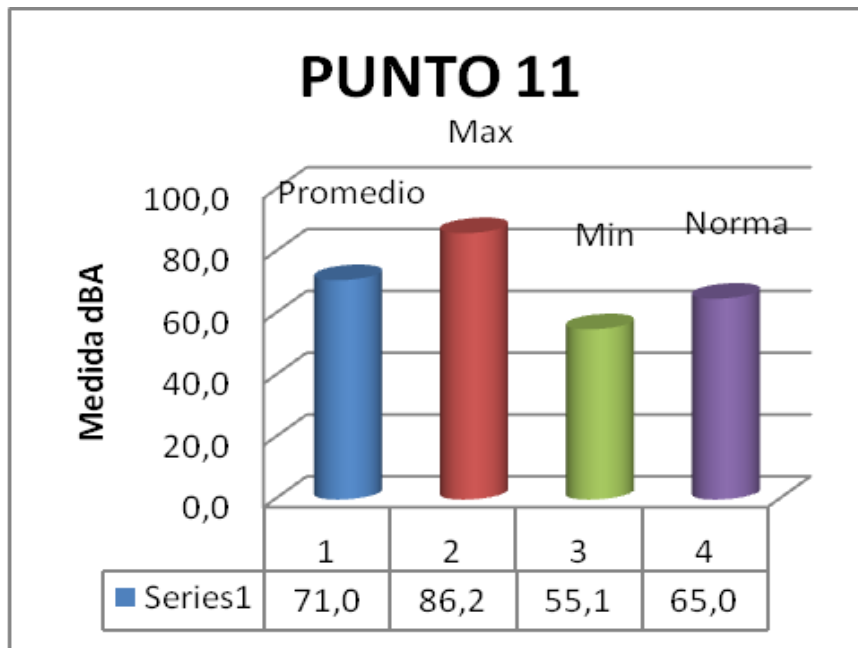
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 11 Resultados finales punto 10



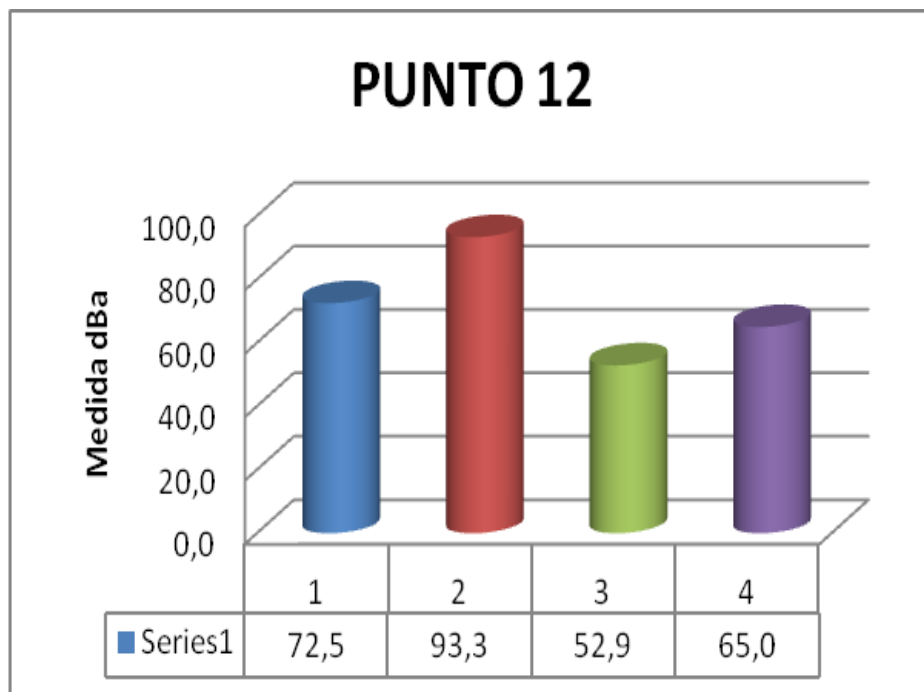
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 12 Resultados finales punto 11



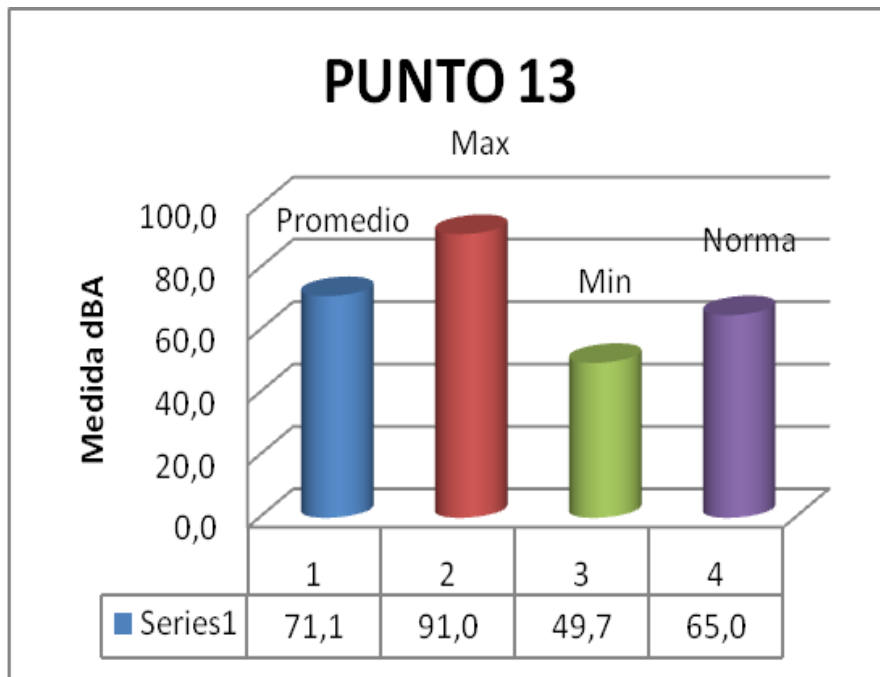
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 13 Resultados finales punto 12



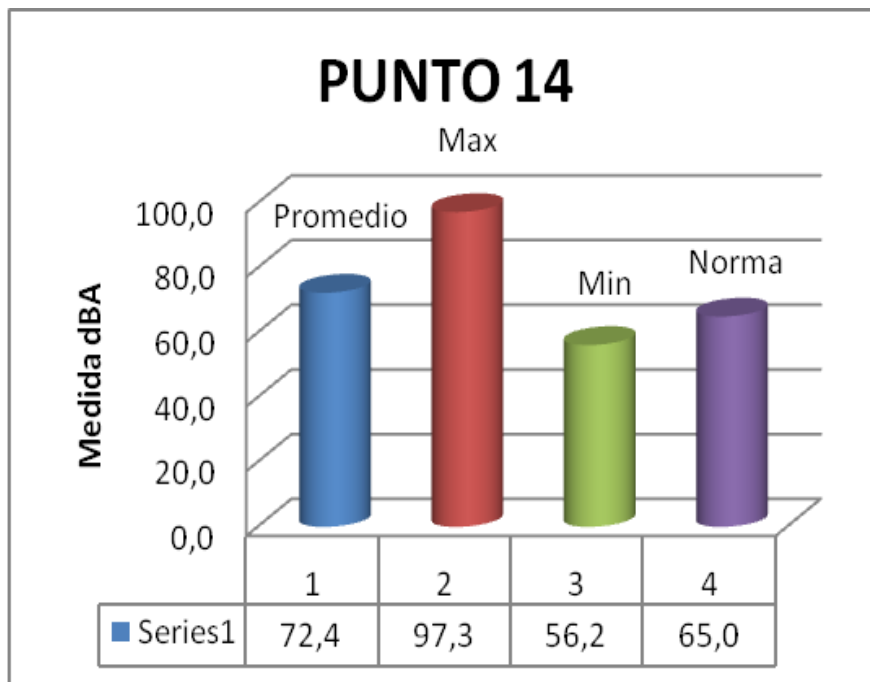
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 14 Resultados finales punto 13



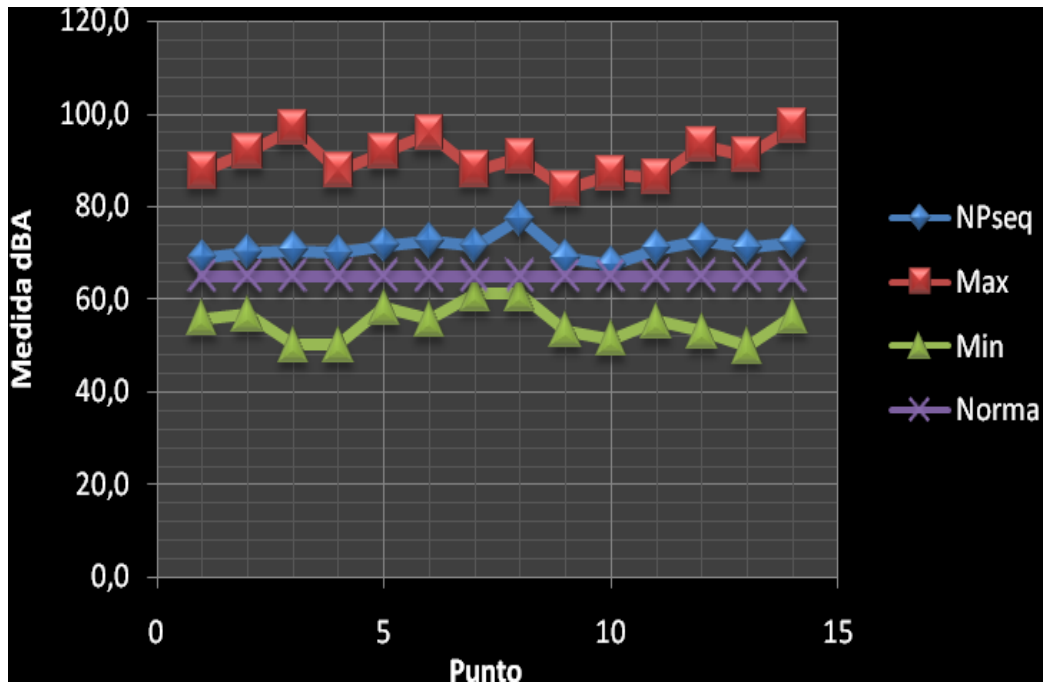
Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 15 Resultados finales punto 14



Fuente: Augusto Reyes

Gráfico 16 NPseq Max, NPseq min, NPseq Final, Norma en cada punto



Fuente Augusto Reyes

# CAPÍTULO V

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA DE PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE PUYO**

#### **5. PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EN LA CIUDAD DE PUYO**

##### **5.1 Presentación**

El presente Plan de Mitigación del nivel de ruido ambiental ha sido estructurado siguiendo los requisitos definidos en la normativa del libro 6 anexo 5 del TULAS que trata sobre el manejo del ruido e incluye estrategias y prioridades para manejar niveles de ruido en la zona céntrica de la ciudad de Puyo, cumpliendo los reglamentos antes mencionados.

De acuerdo con la evaluación realizada en el Capítulo 3 y 4 de la presente tesis, vemos necesario la propuesta del presente Plan de Mitigación de ruido dentro de la amplia gama de temas que tiene relación con la problemática ambiental y que en los últimos años ha tomado fuerza en los programas de protección ambiental a nivel mundial y en nuestro país. La contaminación por ruido especialmente en actividades relacionadas con el transporte, comercio y turismo como es el caso de la ciudad de Puyo, mediante el presente trabajo hemos logrado determinar que los niveles de ruido ambiental en las zonas monitoreadas sobrepasan los niveles máximos permisibles de la norma.

Expertos están convencidos de que la contaminación por ruido no disminuirá si no se aborda el problema desde la planificación urbanística y desde la necesidad de incidir en el aspecto de la educación ambiental relacionada a este tema, para lo cual las actuales y futuras autoridades de control en este caso del Ilustre Municipio del Cantón Pastaza

deben tomar cartas en el asunto para actuar como un ente de control y hacer cumplir las normas que se establezcan a futuro y de ésta manera disminuir los niveles de ruido en la ciudad y así mejorar la calidad de vida de las personas que aquí viven

Los instrumentos para la aplicación de este plan incluyen normas de emisión para fuentes individuales como es el caso de los vehículos que transitan por la ciudad y para los transeúntes y comerciantes informales.

## **5.2 Objetivos**

- Disminuir los niveles de ruido ambiental en la zona céntrica de la ciudad de Puyo
- Preservar la salud y bienestar de las personas que aquí habitan
- Disponer de planes para el control de las emisiones de ruido en las actividades que se llevan a cabo.
- Fomentar el cumplimiento de las normas según lo establecido en la ley de gestión ambiental regulado por el tulas libro 6 anexo 5.

## **5.3 Aspectos normativos**

Siguiendo aquellos aspectos ambientales considerados en nuestra constitución en los cuales se vela por la protección ambiental y un modelo de desarrollo sustentable que debe satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer el derecho de las futuras generaciones y satisfacerlas de la misma manera y con los mismos recursos el estado debe defenderlas de la misma manera y con los mismos recursos , el estado debe proteger el patrimonio natural y cultural del país y resguardar el ambiente como el derecho de vivir en un ambiente sano ecológicamente equilibrado y libre de contaminación para lo cual el estado fomentara la ciencia y la tecnología especialmente en todos los noveles educativos dirigidos a mejorar la productividad la competitividad el manejo sustentable de los recursos naturales y a satisfacer las necesidades básicas de la población.

Con este fin el estado establece los principios y directrices de política ambiental determina las obligaciones responsabilidades niveles de participación de los sectores públicos y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles controles y sanciones en la ley de gestión ambiental y sus respectivos instrumentos.

En este sentido se promulga la presente norma técnica que es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

## **5.4 Medidas preventivas**

### **5.4.1 Información y educación**

Las educación ambiental en casos como este ha sido siempre un instrumento adecuado para la implementación de políticas en materia de ruido, experiencias en otros países han demostrado excelentes resultados por medio de campañas educativas ya que abordan el problema desde todos sus frentes, en nuestro caso se puede emprender campañas orientadas a la concienciación tanto de conductores como de transeúntes para así disminuir los niveles de ruido presentes en la ciudad de Puyo.



#### **5.4.1.1 Conductores**

Según lo visto los conductores de vehículos de toda clase en esta ciudad utilizan de una forma inadecuada e indebida las bocinas o pito.

El plan de mitigación estará orientado mediante charlas y presentaciones por parte del municipio del Cantón Pastaza hacia la disminución en el mal uso de dichas bocinas que se les debe usar solamente en caso extremos.

Dichas charlas deberán ser apoyadas con material didáctico, posters y letreros en los cuales se incentive al conductor a respetar al prójimo con respecto al ruido que produce el excesivo uso de las bocinas.

#### **5.4.1.2 Peatones y Comerciantes informales**

Para este tipo de personas se deberá de igual forma agrúpaes y díctales seminarios y talleres orientadas a la disminución del uso de gritos, bocinas o altos parlantes para promocionar sus productos.

#### **5.4.2 Medidas Normativas**

Este tipo de medidas son de tipo obligatorio están orientadas hacia los conductores de automotores que no respetan las leyes básicas de transporte en ciudades como esta. Estarán a cargo del municipio mediante la creación de ordenanzas municipales, coordinado con los policías de tránsito; el incumplimiento de las mismas será sancionado de acuerdo a como lo planteen las autoridades antes mencionadas.

También incluyen una propuesta de reordenamiento territorial en algunas calles de la ciudad, y son las siguientes:

- Se deberá establecer una dirección definitiva en las calles para sí evitar conflictos y congestión vehicular es decir evitar los dobles sentidos en ciertas intersecciones

- Demarcar la zona céntrica de la ciudad y establecer una ordenanza municipal en la cual se prohíba la circulación de vehículos pesados y de carga a partir de las 6:00 hasta las 22:00 horas.
- Buscar vías alternativas para la circulación de buses de transporte urbano e interprovincial para que no circules por el centro de la ciudad.
- Exigir a la comisión de tránsito de Pastaza la revisión del estado de los vehículos y prohibir la circulación de los que se encuentren en mal estado.
- Exigir a los dueños y conductores de motocicletas y vehículos afines el uso de silenciadores para los escapes por su alta producción de ruido.
- Implementar una ordenanza que regule el uso de las bocinas y pito a todo conductor de automotores, con la ayuda de los policías de tránsito.
- Exigir a la policía de tránsito el cumplimiento de las leyes de tránsito a los conductores y peatones.
- Reubicar a los comerciantes informales en un lugar adecuado para sus actividades.

### 5.5 Aplicación de las Medidas de Mitigación

ACCIÓN PUNTO	EDUCATIVAS INFORMATIVAS	DIRECCIÓN DE CALLES	PROH. DE CIRC.DE VEH.PESADOS	VIAS ALTERNAS CIRC. DE BUSES	ESTADO DE VEHICULOS	USO DE BOSINAS O PITO	REUBICACIÓN COM. INFORMALES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

Fuente: Augusto Reyes

# CAPÍTULO VI

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- La zona de realización del estudio se caracteriza por ser una zona de tipo mixta residencial y comercial, existen múltiples tipos de negocios como bancos, universidades e instituciones públicas y privadas. Sus edificaciones son muy altas y no permiten que los ruidos indeseables se dispersen con facilidad lo que producen un alto nivel de ruido que supera la norma establecida.
- La principal problemática de la ciudad del Puyo en cuanto a ruido ambiental, está dada por la incorrecta dirección que tienen algunas calles. En la intersección de las calles 24 de mayo y 27 de febrero, 24 de mayo y 9 de octubre, Bolívar y 27 de febrero, Bolívar y 9 de octubre, Bolívar y 10 de agosto ya que en dichas intersecciones se produce congestión de vehículos porque sus direcciones son en ambos sentidos ocasionando que los vehículos que por aquí circulan produzcan excesivo ruido con niveles 69,10; 70,21; 72,50; 70,98; 67,52 dB respectivamente.
- Al realizar el diagnóstico inicial pudimos darnos cuenta que en las intersecciones antes señaladas existe gran afluencia de vehículos en determinadas horas en la mañana, a partir de las 8:00 hasta las 10:00, en la tarde de las 12:00 hasta las 14:00 y en la noche de las 18:00 hasta las

21:00 horas, por lo que el nivel de ruido es 70,94 dB en la mañana 71,15 dB en la tarde 71,19 dB en la noche que supera la norma.

- Primeramente tenemos que en esta ciudad la principal fuente de ruido son los vehículos pesados como buses de transporte urbano e interprovincial, los vehículos de carga como camiones, volquetas y tractores que circulan a cualquier hora produciendo excesivo ruido e incluso fuertes vibraciones, motocicletas que de igual manera producen ruidos indeseables con sus escapes y finalmente los taxis y vehículos particulares que utilizan de forma inadecuada e indebida la bocina o pito. Todos estos producen niveles de ruido que sobrepasan la norma establecida en TULAS LIBRO 6 ANEXO 5 produciendo malestar en el transeúnte. Otro factor muy importante en la producción de ruido en esta ciudad son los vendedores ambulantes que están por cualquier parte de la ciudad y utilizan altoparlantes o por medio de gritos producen ruidos indeseables.
- En la zonas de muestreo los niveles de ruido determinados presentan los siguientes valores: zona uno 70.4 dBA, zona dos 73.4 dBA y en la zona tres 69,4 dBA los cuales sobrepasan los nivel máximos permisibles de la norma.
- En promedio en toda la zona de estudio tenemos un Npseq de 71.86 dB el cual sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos en la tabla 1 del libro 6 anexo 5 del Tulas.
- Según los resultados obtenidos en la presente tesis hemos visto propicio la propuesta de un plan de mitigación del nivel de ruido ambiental presente en la ciudad de puyo el cual establece medidas normativas en cada punto de muestreo para de esta forma reducir los niveles de ruido ambiental, el cual está realizado según la legislación ambiental vigente en nuestro país ( TULAS)

## 6.2 Recomendaciones

- Se debe seguir apoyando por parte de las autoridades de control este tipo de proyectos de inspección de ruido para así poder realizar las normativas para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en este tipo de ciudades.
- Con los resultados obtenidos se debe complementar este estudio con otro proyecto que abarque las zonas aledañas al área céntrica de la ciudad del Puyo para así tener un estudio completo en toda la ciudad.
- Se debe socializar y aplicar el Plan de Mitigación para permitir una convivencia en armonía de las personas con el ambiente, ya que se trata de una ciudad que por su localización geográfica posee gran variedad de flora y fauna. Además así se podría fomentar el turismo.

## RESUMEN

Este estudio se basó en el monitoreo de los niveles de Ruido Ambiental presentes en la zona céntrica de la Ciudad de Puyo, este estudio tuvo como objetivo principal determinar el nivel de ruido ambiental en la ciudad de Puyo, además del plan de mitigación para minimizar los niveles de ruido.

Para esto se utilizó el diseño estadístico de experimentos que permite optimizar la información generada a cerca del proceso, en relación a los objetivos planteados dadas las características del estudio se usó el diseño experimental completamente al azar además que fue una investigación no experimental, para el tratamiento de los resultados se utilizó promedios logarítmicos dada la escala de medida.

El área de estudio se la dividió en tres zonas las cuales tienen un total de 14 puntos de monitoreo obteniéndose los siguientes resultados 69.10, 70.21, 70.60, 70.5, 71.69, 72.45, 71.50, 77.37, 68.83, 67.52, 70.98, 72.50, 71.12, 72.36 dB en cada punto respectivamente.

Finalmente podemos decir que en la ciudad de Puyo en la zona escogida existe un nivel de ruido promedio de 71,86 y un máximo de 97,3 dB.

Se recomienda al Municipio del Cantón Pastaza y las autoridades pertinentes, la implementación del Plan de Mitigación Ambiental del nivel de ruido propuesta, así, crear conciencia de cómo están siendo afectados los habitantes de esta ciudad e implementar las medidas necesarias para minimizar en algo este tipo de problemática ambiental.

## **SUMMARY**

Noise is the unwanted sound, and it's currently among the pollutants more invasive. It is necessary to help the community to improve their situation in relation to the pollutant, struggling against the violation of the right to the tranquility.

This study was based on the monitoring of environmental noise levels present in the central area of the city of Puyo, the main objectives are:

To determine the level of environmental noise

To develop a mitigation plan to decrease this problem

It was used the statistical design of experiment that allows to optimized the information about the process, also the experimental design completely at random with logarithmic averages given the scale of measure.

The study area was divided into three areas which have a total 14 points of monitoring whit the following results 69.10, 70.21, 70.60, 70.5, 71.69, 72.45, 71.50, 77.37, 68.83, 67.52, 70.98, 72.50, 71.12, 72.36 dB at each points respectively, its means that in the target area of the city of Puyo there is a noise level average of 71.86 and a maximum of 97.3 Db.

It is recommended that the municipality of the Canton Pastaza and the authorities implement the plan of environmental mitigation of noise level and the necessary measure to minimize it.



## BIBLIOGRAFIA

1. ABARCA., L., Determinación de impacto de ruido en la Unidad Educativa Salesiana Santo Tomás Apóstol., Riobamba., Ing. En Biotecnología Ambiental., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., TESIS., 2008., Pp.10-30.,
2. BERNABEU.,D., Efectos del Ruido Sobre la Salud., Madrid-España., S.ed., 1997., Pp. 1-10.
3. BROOKHOUSER.,P., Perdida de la Audición en niños Inducida por Ruido., S.f., Laringoscope., 1992., Pp. 645-655.
4. **CRITERIOS ACÚSTICOS EN EL DISEÑO DE CENTROS DOCENTES., PARTE I**  
[www.steelilas.com](http://www.steelilas.com) , (PDF)  
2011/ 01/18.
5. **CRITERIOS ACÚSTICOS EN EL DISEÑO DE CENTROS DOCENTES., Parte III**  
[www.steelilas.com](http://www.steelilas.com) , (PDF)  
2011/ 01/18.
6. **CRITERIOS ACÚSTICOS EN EL DISEÑO DE CENTROS DOCENTES., PARTE VI**  
[www.steelilas.com](http://www.steelilas.com) , (PDF)  
2011/ 01/18.

**7. EL RUIDO UN PROBLEMA AMBIENTAL DE PRIMER ORDEN**

[http://www. Consejería de Medio Ambiente. gob.pe/ El ruido un problema ambiental de primer orden./estudios.](http://www.Consejería de Medio Ambiente. gob.pe/ El ruido un problema ambiental de primer orden./estudios)

2011/03/23

**8. EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE PUERTO MONTT.**

<http://www.EVALUACIONRUIDOAMB/bmfci1779e.ruido.pdf>

2011/08/12

9. FLORES.,P., Manual de Acústica, Ruido y Vibraciones., Barcelona-España., GYC., 1990., Pp. 1-403.

10. GARMENDIA.,A., Evaluación del impacto Ambiental., Madrid, España., Person-Prentice Hall., 2006., Pp. 331-335.

11. HARRIS.,C., Manual de medidas acústicas y Control del Ruido., 3a.ed., Madrid- España., McGraw-Hill., 1995., Pp. 656-657.

12. JIMENEZ., C., La contaminación ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada., México D.F.-México., Limusa., 2010., Pp.583-600.

13. MAHEHA.,M., Seguridad e Higiene en el Trabajo., 3ª.ed., Bogota-Colombia., S.ed., 2001., Pp. 15-34.

**14. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE RUIDO EN LOS ASERRADEROS Y CARPINTERÍAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**

<http://bibliotecasdelecuador.com/>

2011/05/13

**15. PROPIEDADES FÍSICAS DEL RUIDO.**

[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/1\)%20Prop%20fis%20del%20ruido/fisicadelruido\\_index.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/1)%20Prop%20fis%20del%20ruido/fisicadelruido_index.htm)

2010/07/11

**16. QUÉ ES EL RUIDO?**

[www.eie.tceia.unr.edu.ar/acustica/comite.html](http://www.eie.tceia.unr.edu.ar/acustica/comite.html)

2011/06/28

17. SALAO.,L., Evaluación de impacto y plan de mitigación de los efectos de ruido en el Mercado de Productores mayoristas de Riobamba., Ing. En Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .Facultad de Ciencias., TESIS., 2010., Pp 6-24.

18. SANZ.,S.A., Y OTROS., El ruido del tráfico alrededor de las escuelas, una situación de riesgo para el rendimiento del alumno, medio Ambiente y Salud., S.f., S.ed., 1993., Pp. 205-207

19. TOBÍAS., A., Efectos de los niveles de ruido en el medio ambiente por admisiones diarias en Madrid., Revista Europea de Epidemiologia., Madrid-España., S.ed., 2002., Pp. 765-771

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### FOTOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

#### Punto 1



## Punto 2



### Punto 3



## Punto 4





## Punto 5



## Punto 6



## Punto 7



## Punto 8





## Punto 9



## Punto 10



## Punto 11



## Punto 12





## Punto 13



## Punto 14

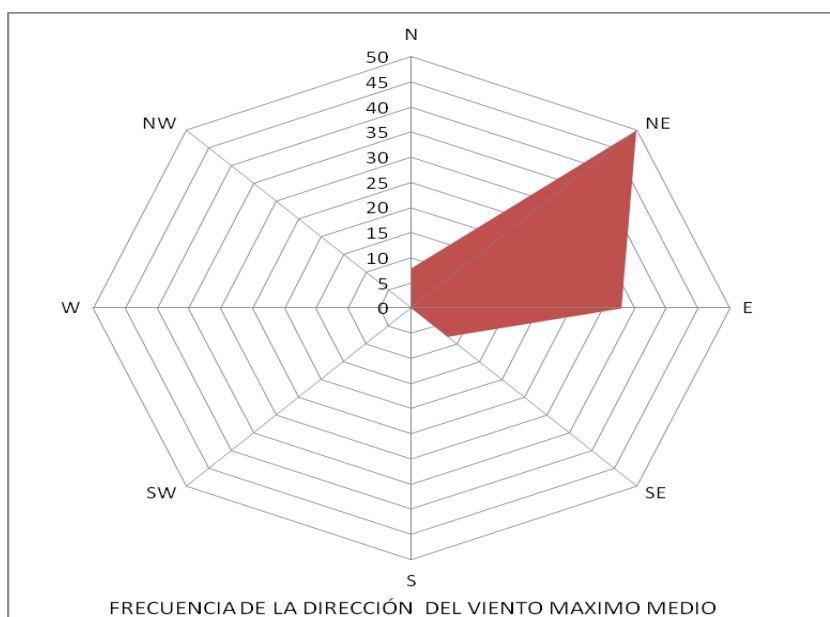


## ANEXO II

### VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN EL PUYO

FRECUENCIA DE LA DIRECCION DEL VIENTO Y VELOCIDAD MAXIMAS  
MKEDISA EN m/s ESTACIÓN METEOROLÓGICA "PUYO"

DIR	VELC	%
N	1,3	8
NE	1,4	50
E	1,3	33
SE	1,4	8
S	0	0
SW	0	0
W	0	0
NW	0	0



dir	vel	%
1	1,5	15
2	2,5	12
3	3,1	10
4	2,5	7
5	1,8	0
6	2,6	0
7	6,2	18
8	4,1	19
9	3,2	0

## ANEXO III

### CARACTERISTICAS DEL SONOMETRO UTILIZADO

- Extech Sonómetros
- MODELO Extech 407764
- Registro de datos del medidor de sonido
- Auto rango más de 6 rangos de 30 a 130 dB con una alta precisión de  $\pm 1.5$  dB y 0.1 dB de resolución
- Gran pantalla LCD con indicación de la función de visualización rápida y 50 segmento gráfico de barras
- Fecha y la hora se registran con los datos
- Los datos almacenados se pueden transferir fácilmente a un PC mediante interfaz RS-232 y se analizaron con el software y cable incluido
- A & C ponderación y la respuesta rápida / lenta
- Max función de retención
- Cumple la norma ANSI S1.4 Tipo II y las normas IEC 651
- Autocomprobación interna cuando se enciende
- Desmontable 0.52 "(13.2mm) de diámetro, micrófono de condensador
- Analógico AC / DC Salida analógica 10m VDC / decibeles
- Micrófono opcional cable de extensión para las mediciones en los recintos y otros lugares remotos (407764-EXT)
- Dimensiones: 10.4x2.8x0.8 "(265x72x21mm)
- Peso: 10 oz