



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



“ESTUDIO PRELIMINAR DEL NIVEL DE POLUCION
SONORA EN EL CASCO COMERCIAL DE LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL DEBIDO AL TRAFICO VEHICULAR”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Realizada por:

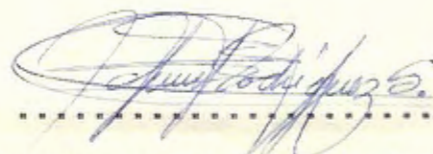
Johnny Vicente Rodríguez Sen Sang

Guayaquil - Ecuador
1989

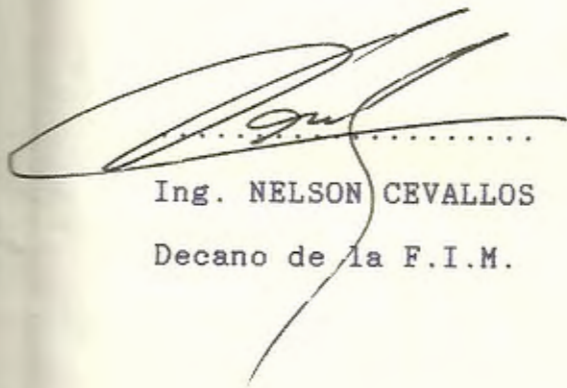
DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma , a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

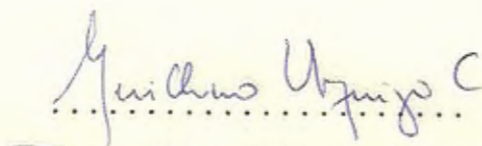
(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).



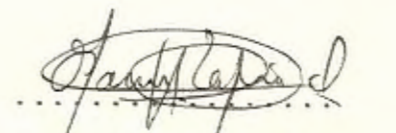
JOHNNY VICENTE RODRIGUEZ SEN SANG



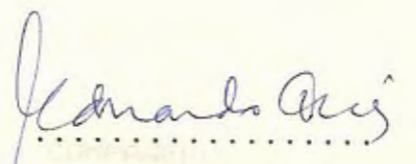
.....
Ing. NELSON CEVALLOS
Decano de la F.I.M.



.....
Ing. GUILLERMO URQUIZO
Director de Tesis



.....
Ing. MARCOS TAPIA
Miembro del Tribunal



.....
Ing. EDUARDO ORCES
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

Al ING. GUILLERMO URQUIZO
director de tesis, por su asesoria
técnica para la realización
de este estudio.

A mis COMPAÑEROS que colaboraron
con este trabajo.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE

AGRADECIMIENTOS

A MI GRAN MADRE

AGRADECIMIENTOS

quienes me han apoyado en los
momentos más difíciles.

RESUMEN

En la parte teórica se describe las características básicas del sonido, su unidad de medida, instrumentos para medir niveles de presión sonora y algunos índices de severidad de polución sonora en ciudades.

En la parte experimental se realiza las mediciones del nivel de presión sonora en el sector del casco comercial de la ciudad de Guayaquil comprendido entre las calles MALECON SIMON BOLIVAR hasta LORENZO de GARAYCOA y de 9 de OCTUBRE hasta COLON.

Estas mediciones se las realiza en dos partes:

- 1.- Se hace un muestreo inicial en todas las intersecciones del sector, en las que las tomas de medidas son hechas durante 5 minutos dentro del horario de las 10h00 a 11h00; se toman datos del Nivel Continuo Equivalente (Leq) con el Sonómetro Integrador de Presición y se registra el histograma de los niveles de presión con un registrador Y-T.

2.- En los puntos mas representativos del sector, de acuerdo a los datos anteriores, se toman con el Analizador de Nivel de Ruido los datos de L_{eq} , NPL, TNI, L_{10} , L_{50} , y L_{90} durante 24 horas y se hace una evaluación con los índices de severidad de contaminación ambiental por ruido existentes en otros países.

En conclusión se obtiene, que el nivel de presión sonora registrado en los distintos criterios, se encuentra bastante alto en comparación con los índices establecidos, lo que quiere decir que este sector está siendo afectado por el ruido, y que hay que tomar medidas de inmediato para solucionar este problema.

INDICE GENERAL

	<u>Pags.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL-----	VIII
INDICE DE TABLAS-----	XI
INDICE DE GRAFICOS-----	XII
INTRODUCCION-----	17
CAPITULO I	
<i>CONCEPTOS BASICOS</i>	19
1.1. GENERACION Y PROPAGACION DEL SONIDO-----	20
1.2. CARACTERISTICA DE LAS ONDAS SONORAS-----	24
1.3. VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE-----	
1.4. EFECTO DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS EN LA PROPAGACION DEL SONIDO-----	25 28
1.5. RAIZ MEDIA CUADRADA DE LA PRESION SONORA-----	29
1.6. NIVEL DE POTENCIA Y PRESION SONORA-----	31
1.7. OPERACION CON DECIBELES-----	
1.8. NIVEL DE PRESION SONORA EN PONDERACION "A" Y "C"-----	33 35
1.9. NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE (Leq)-----	
1.10. PORCENTAJE ESTADISTICO DEL NIVEL DE RUI~	

DO (L_N)-----	37
CAPITULO II	
<i>INSTRUMENTACION</i>	
2.1. MICROFONOS-----	41
2.2. MEDIDOR DE NIVEL DE PRESION SONORA (SO^{\sim} NOMETRO)-----	44
2.3. FILTROS DE OCTAVOS Y TERCIOS DE OCTAVO DE BANDA-----	50 54
2.4. ANALIZADOR ESTADISTICO DE NIVEL DE RUIDO-	
CAPITULO III	
<i>INDICES DE SEVERIDAD DE POLUCION SONORA EN CIU^</i> <i>DADES DEBIDO AL TRAFICO VEHICULAR</i> -----	
3.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL RUIDO DEL TRAFICO URBANO-----	58
3.2. INDICES DE SEVERIDAD EN FUNCION DEL NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE (Leq)-----	59
3.3. PROMEDIO DE NIVEL DE RUIDO PARA DIA Y NO^ CHE (Ld_N)-----	61 63
3.4. NIVEL POLUCION SONORA (NPL)-----	65
3.5. INDICE DE RUIDO POR TRAFICO (TNI)-----	
CAPITULO IV	
<i>PARTE EXPERIMENTAL</i>	
4.1. INTRODUCCION-----	68

4.1.1. Definición de la zona de trabajo---	69
4.1.2. Metodología de aplicación-----	71
4.2. MEDIDAS DEL NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE (Leq 5min) A UNA DETERMINADA HORA EN LAS INTERSECCIONES DEL SECTOR-----	76
4.3. MEDIDAS DEL Leq, NPL, TNI, L ₁₀ , L ₅₀ , L ₉₀ , DE CIERTAS INTERSECCIONES REPRESENTATIVAS DEL SECTOR-----	89
 CAPITULO V	
<i>ANALISIS DE RESULTADOS</i>	
5.1. ANALISIS DE RESULTADOS-----	99
 CAPITULO VI	
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	
6.1. CONCLUSIONES-----	117
6.2. RECOMENDACIONES-----	120
 APENDICE A	
NORMAS INTERNACIONALES PARA EMISION DE RUIDO PROVENIENTE DE LOS AUTOMOTORES-----	127
LIMITES MAXIMOS DISPONIBLES EN DECIBELES "A" USADOS EN LA REGION VIII DE LOS E.E.U.U.-----	129
LIMITES MAXIMOS DISPONIBLES EN DECIBELES "A" USADOS EN GAINESVILLE, FLORIDA-----	130

APENDICE B

MONOGRAMA PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE LA ATENUACION DEL SONIDO DEPENDIENTE DE LA HUMEDAD RELATIVA Y DE LA TEMPERATURA-----	131
CURVAS DE IGUAL CONTORNO DE AUDICION EN LAS DIFERENTES FRECUENCIAS-----	132
TABLA DE COMVERSION DE NIVELES DE PRESION SONORA LINEAL A NIVELES EN PONDERACION A, B, Y C-----	133

APENDICE C

REGISTRO DE LOS HISTOGRAMAS DE LOS NIVELES DE PRESION SONORA-----	134
---	-----

APENDICE D

REGISTRO DE LOS CRITERIOS CON EL ANALIZADOR DE NIVEL DE RUIDO-----	161
--	-----

APENDICE E

FOTOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS Y SUS UBICACIONES EN DIFERENTES INTERSECCIONES-----	165
---	-----

INDICE DE TABLAS

		Pags.
I	CENTROS DE FRECUENCIAS DE OCTAVOS DE BANDA Y LIMITES DE BANDA-----	52
II	CENTROS DE FRECUENCIAS DE TERCIO DE OCTAVOS DE BANDA Y SUS LIMITES DE BANDA-----	53
III	INDICES DE SEVERIDAD PARA LA PROTECCION DE LA SEGURIDAD Y SALUD PUBLICA-----	60
IV	INDICES DE SEVERIDAD PARA EL Ld_N -----	62
V	INDICES DE SEVERIDAD PARA EL NIVEL DE POLU- CION SONORA-----	67
VI	VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DEL NIVEL CONTI- NUO EQUIVALENTE OBTENIDOS EN CADA HORA, EN LAS 24 HORAS DE REGISTRO-----	111
VII	VALORES DE Leq , TNI, NPL REGISTRADOS EN LAS 24 HORAS-----	114

INDICE DE GRAFICOS

	Pags.
CAPITULO I	
1.1. GENERACION Y DESPLAZAMIENTO DE LA ONDA SONORA-----	22
1.2. TRAYECTORIA DE LOS RAYOS SONOROS CUANDO LA TEMPERATURA SE INCREMENTA CON LA ALTURA-----	27
1.3. TRAYECTORIA DE LOS RAYOS SONOROS CUANDO LA TEMPERATURA DECRECE CON LA ALTURA----	27
1.4. TRAYECTORIA DE LOS RAYOS SONOROS CUANDO EXISTE LA PRESENCIA DEL VIENTO-----	27
CAPITULO II	
2.1. ESQUEMA DE UN MICROFONO CERAMICO-----	42
2.2. ESQUEMA DE UN MICROFONO CONDENSADOR-----	42
2.3. ESQUEMA DE UN MICROFONO ELECTRET-----	44
2.4. ESQUEMA TIPICO DE UN SONOMETRO-----	47
2.5. CALIBRADOR ACUSTICO 4230 B&K-----	48
2.6. SONOMETRO INTEGRADOR DE PRECISION 2230--	49
2.7. REGISTRADOR DE NIVEL 2317 B&K-----	55
2.8. ANALIZADOR DE NIVEL DE RUIDO 4427 B&K---	

CAPITULO III

3.1. VALORES DE TNI VS ESCALA DE INSATISFAC~ CION-----	65
---	----

CAPITULO V

5.1. REPRESENTACION DE LOS 6 SUBSECTORES Y DE LOS VALORES DE Leq(5min) DE CADA INTER~ SECCION-----	102
5.2. GRAFICO DE LOS VALORES Leq1, TNI, NPL, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (CHIMBORAZO Y COLON)--	105
5.3. GRAFICO DE LOS VALORES L10, L50, L90, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (CHIMBORAZO Y COLON)--	105
5.4. GRAFICO DE LOS VALORES Leq1, TNI, NPL, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (BOYACA Y AGUIRRE)----	106
5.5. GRAFICO DE LOS VALORES L10, L50, L90, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (BOYACA Y AGUIRRE)----	106
5.6. GRAFICO DE LOS VALORES Leq1, TNI, NPL, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (PICHINCHA Y 9 DE OC~ TUBRE)-----	107
5.7. GRAFICO DE LOS VALORES L10, L50, L90, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (PICHINCHA Y 9 DE OC~ TUBRE)-----	107
5.8. GRAFICO DE LOS VALORES Leq1, TNI, NPL, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (PICHINCHA Y SUCRE)---	108
5.9. GRAFICO DE LOS VALORES L10, L50, L90, DU~ RANTE LAS 24 HORAS (PICHINCHA Y SUCRE)---	108

5.10. GRAFICO DE LOS VALORES $Leq1$, TNI, NPL, DURANTE LAS 24 HORAS (RUMICHACA Y 9 DE OCTUBRE)----- 109

5.11. GRAFICO DE LOS VALORES L_{10} , L_{50} , L_{90} , DURANTE LAS 24 HORAS (RUMICHACA Y 9 DE OCTUBRE)----- 109

INDICE DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

c	Velocidad del sonido
f	frecuencia
L_{eq}	Nivel Continuo Equivalente
$L_{\%}$	Nivel de Porcentaje Estadístico
L_w	Potencia sonora en decibeles
máx	máximo
mín	mínimo
min	minuto
NPL	Nivel de Polución Sonora
P	Presión sonora en ascal
Pa	Pascal
P_0	Presión ambiente
P_r	Amplitud de la fluctuación de presión
P_{re}	Presión sonora de referencia(20×10^{-6} Pa)
TRI	Indice de Ruido por Tráfico
V	Voltios
W	Potencia sonora en vatio
W_r	Potencia sonora de referencia(10^{-12} W)
ω	Frecuencia angular

Resultados de

el estudio de

I N T R O D U C C I O N

Desde hace mucho tiempo, en muchos sectores de la ciudad de Guayaquil, se viene diciendo que existe mucho ruido. La estimación del ruido, producido principalmente por tráfico vehicular, se sustenta sólo en las respuestas subjetivas del oído de los habitantes.

Esta ciudad se está desarrollando rápidamente en muchas actividades, por lo que habitantes de distintos lugares del país emigran a ésta, produciendo un alto incremento en su densidad y extensión poblacional. Este alto incremento poblacional generará un gran aumento en el transporte urbano, y por ende un mayor nivel de presión sonora.

Por lo dicho anteriormente, Guayaquil requiere un estudio de nivel de polución sonora existente en el medio, para verificar si los valores de nivel de presión sonora que se están emitiendo en la ciudad, están bajo los índices de severidad recomendados por instituciones o países que se encuentran más desarrollados en esta materia. Con los resultados obtenidos en este tipo de estudio se pueden plantear soluciones para este problema y recomendaciones

que sirvan para una buena planificación de la ciudad. Una buena planificación de la ciudad va a prevenir los graves daños, que podrían ocasionar, los altos niveles de presión sonora, de no tomarse ninguna medida oportuna, con respecto a este problema.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS

1.1 GENERACION Y PROPAGACION DEL SONIDO.

"Si se tiene un globo inflado en medio de un cuarto y si este globo se rompe, vamos a observar que la energía potencial que se encontraba dentro del globo se va a convertir en energía cinética. Esta energía va a comprimir a las partículas que se encuentran a su alrededor, impulsándolas en el sentido de la dirección de la explosión del globo. Estas partículas chocarán y comprimirán a las otras que se encuentran a su lado y éstas a su vez a las otras y así seguirán sucesivamente. De esta forma es como una onda esférica de compresión de centro en el globo, se desplaza hacia todos los lugares del medio, en dirección de la explosión" (7).

Ahora en cambio si se tiene un diapasón, al darle un golpe, las puntas del diapasón empezarán a vibrar y

las partículas de aire que se encuentran a su alrededor pasarán de un estado de **compresión** a un estado de **rarefacción** en forma periódica. Las ondas se propagan de igual manera como se propaga la onda de compresión del globo; sólo que ahora tendremos una continuidad de perturbaciones en las partículas de aire que van a estar en compresión y en rarefacción periódicamente. Este período depende de la frecuencia con que vibre el diapasón. Las ondas sonoras de compresión son detectadas por el oído humano como **sonido**.

El oído es un aparato que sensa presiones. El oído de los humanos sólo puede detectar presiones que se propagan entre las frecuencias de 20 a 20.000 ciclos por segundo o Hertz (7). Las presiones que están fuera de este rango de frecuencia no son detectadas o escuchadas por el oído humano. Por lo general los sonidos que escuchamos son una mezcla de presiones emitidas a varias frecuencias.

1.2 CARACTERISTICA DE LAS ONDAS SONORAS (3)(7)(14).

El sonido es un tipo de onda, fenómeno por el cual la energía vibracional es propagada a través de un medio elástico. El sonido puede propagarse en líquidos,

sólidos y gases, pero no puede propagarse en el vacío.

Por lo general las ondas sonoras pueden ser de dos tipos, dependiendo de la forma de la superficie que formen los puntos de máxima compresión; así, se tiene que si los puntos de máxima compresión forman esferas concéntricas, dichas ondas son llamadas "Ondas Esféricas". Si tales puntos forman superficies planares perpendiculares a la dirección de propagación son llamadas "Ondas Planas". Los puntos de máxima rarefacción forman las mismas superficies que forman los puntos de máxima compresión.

Si se considera la vibración de una viga en voladizo como la que se muestra en la figura 1.1, se tiene que cuando sale de su posición de equilibrio "o" y se dirige hacia "b", las moléculas de aire que están a su derecha se empezarán a "comprimir" llegando a su máximo valor (cuando la viga llega a la posición "b"). Luego ésta empezará a dirigirse hacia "a", donde la presión en las moléculas de aire empezará a disminuir llegando a la presión de su estado original cuando pase por "o". Esta presión seguirá disminuyendo metiéndose en el campo de la "rarefacción", hasta llegar a la mínima presión que es cuando la viga llegue al punto "a". Luego la viga tenderá a

regresar al punto "b", la presión en las moléculas de aire empezará a crecer, llegando a su estado inicial, cuando pase por "o" y seguirá creciendo hasta que la

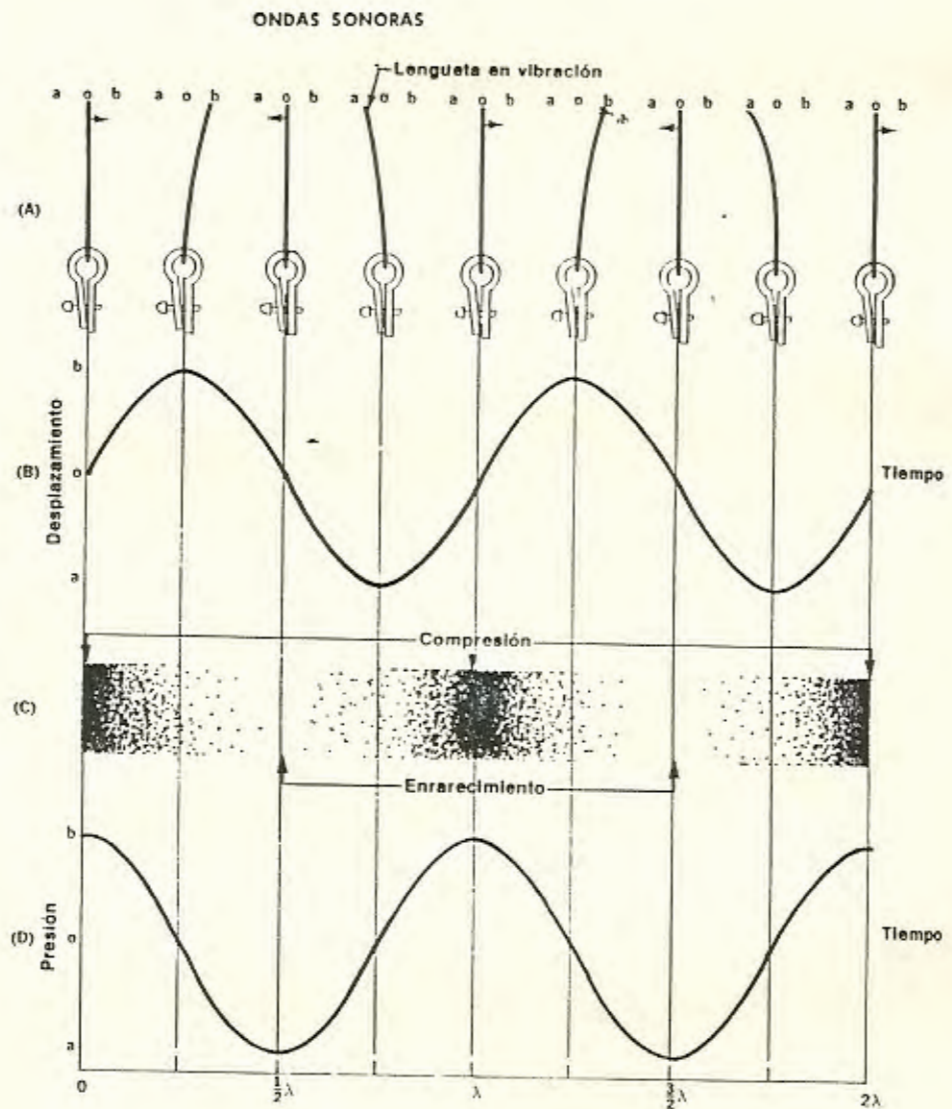


Fig. 1.1. Generación y desplazamiento de la onda sonora (14).

viga llegue a la posición "b". Este proceso seguirá indefinidamente hasta que la viga se detenga.

En la parte B de la figura 1.1, se ve que la variación de presión con respecto al tiempo se repite en intervalos iguales de tiempo. Una variación completa de la presión se llama ciclo. El tiempo requerido para hacer un ciclo completo se llama período "T". La frecuencia "f" del cambio de presión es definida como el número de ciclos por unidad de tiempo y viene dada en Hertz o ciclos por segundos.

$$f = 1/T \text{ (Hertz)} \quad (1.1)$$

La descripción matemática de la variación de presión con el tiempo está dada por la ecuación:

$$P(t) = Pr. \text{ Sen } (\omega t + \phi) \quad (1.2)$$

Donde:

Pr = Amplitud de la fluctuación de la presión.

ϕ = Fase de la señal del sonido con respecto a una referencia arbitraria.

ω = Frecuencia angular (Rad./seg.).

ω se relaciona con f por la ecuación:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f \quad (1.3)$$

1.3 VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE (3)(6).

Como se dijo anteriormente, la propagación de la energía de una onda sonora sólo es posible en un medio elástico; es decir, un medio que sea capaz de regresar a su estado inicial luego de que la causa perturbadora se ha retirado. En cuanto mayor elasticidad y menor densidad tenga el medio de la trayectoria de la onda, ésta se propagará con mayor velocidad.

La velocidad del sonido "c" en el aire, en relación con δ , P_0 , y ρ del medio, se le puede obtener de la siguiente ecuación:

$$c = \sqrt{\delta P_0 / \rho} \quad (1.4)$$

Donde:

$$\delta = \frac{\text{Calor específico (presión constante)}}{\text{Calor específico (volumen constante)}}$$

P_0 = Presión ambiente.

ρ = Densidad ambiente.

Considerando el aire como un gas ideal, podemos decir que la velocidad del sonido es directamente proporcional a la raíz cuadrada de su temperatura.

$$c = c_0 \sqrt{T/T_0} \quad (1.5)$$

Donde:

T = Temperatura absoluta del aire.

T_0 = Temperatura absoluta de referencia.

C_0 = Velocidad del sonido a la temperatura T_0 .

Considerando que la velocidad del sonido en el aire es 1128 ft/s (344 m/s) a la temperatura T_0 de 529.7 grados Rankine (294.3 grados Kelvin), podemos obtener las siguientes relaciones:

$$c = 49.03 \sqrt{T} \text{ ft/s.} \quad (1.6)$$

$$c = 20.05 \sqrt{T} \text{ m/s.} \quad (1.7)$$

Donde T está dado en grados Rankine y en grados Kelvin respectivamente.

1.4 EFECTOS DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS EN LA PROPAGACION DEL SONIDO (5)(8).

La atenuación del sonido puede ser expresada en decibeles por cada cien pies, decibeles por metro o decibeles por kilómetro. Hay varias condiciones climatológicas que alteran la propagación del sonido entre las más importantes están: la absorción del

aire, el gradiente de temperatura y el viento.

La absorción del sonido es causada por dos procesos simultáneos. En primera instancia, la atenuación es debida a la acción de la viscosidad, la conductividad del calor en el aire y la conducta de relajamiento del estado de la energía rotacional de las moléculas en el aire. Esta atenuación es independiente de la humedad. La segunda parte, es debida a un comportamiento de relajamiento del estado rotacional de las moléculas de oxígeno en el aire. Este comportamiento va a depender de la cantidad de moléculas de agua que existan, por lo que va a ser dependiente de la humedad relativa.

En la referencia 5 se puede observar, que a la presión del nivel del mar, el coeficiente de la atenuación independiente de la humedad puede ser obtenida por:

$$\alpha = 4.34 \times 10^{-7} f^2 \quad (1.8)$$

Donde f es la frecuencia.

El valor del coeficiente de la atenuación que es dependiente de la humedad es obtenido de un monograma (apendice B), para un rango de 0.1 a 20 Kilohertz. La

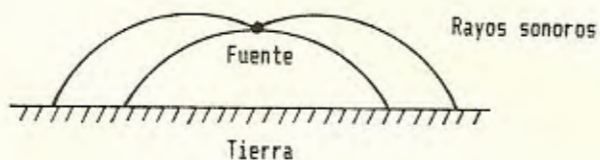


Fig. 1.2. Trayectoria de los rayos sonoros cuando la temperatura se incrementa con la altura (8).

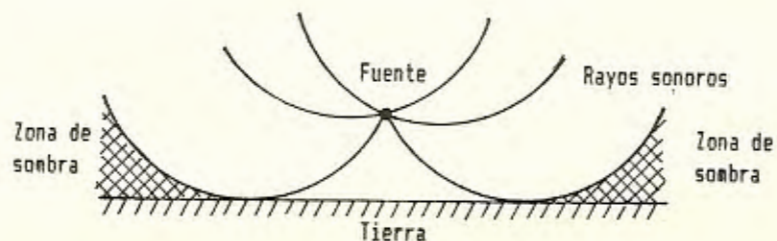


Fig. 1.3. Trayectoria de los rayos sonoros cuando la temperatura decrece con la altura (8).

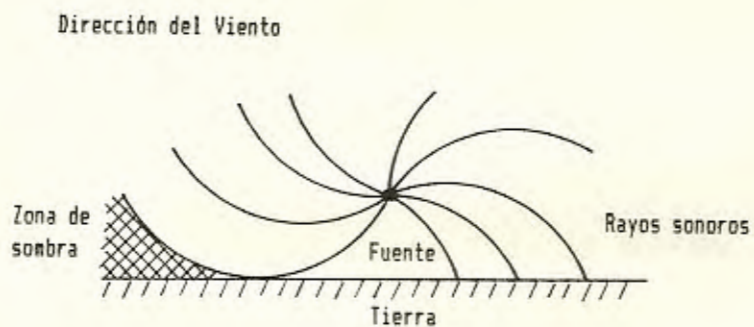


Fig. 1.4. Trayectoria de los rayos sonoros cuando existe la presencia del viento (8).

suma de estos dos coeficientes da la atenuación total.

La trayectoria de la onda sonora sufre grandes cambios cuando la temperatura del aire varía con la altura. Así tenemos, que cuando la temperatura se incrementa con la altura, los rayos sonoros forman trayectorias curvas donde la parte cóncava es dirigida hacia abajo (figura 1.2). En forma contraria cuando la temperatura decrece con la altura, la trayectoria de los rayos sonoros forman curvas donde su concavidad es dirigida hacia arriba (figura 1.3).

Cuando hay presencia de viento en la dirección de la propagación, los rayos sonoros que van dirigidos en la dirección a favor del viento forman trayectorias curvas cóncavas hacia abajo. De la misma forma, cuando los rayos sonoros son dirigidos en la dirección contraria al viento, las trayectorias serán cóncavas hacia arriba (fig. 1.4).

1.5 RAIZ MEDIA CUADRADA DE LA PRESION SONORA (4)(8).

La raíz media cuadrada de la presión sonora (P_{rms}) es obtenida de la siguiente ecuación:

$$\text{Prms} = \sqrt{1/T \int_0^T P^2(t) dt} \quad (1.9)$$

Donde $P(t)$ es la amplitud de la presión sonora en cada intervalo o diferencial de tiempo y T es el tiempo total sobre el cual los valores han sido obtenidos. El valor de Prms nunca es negativo.

Para un tono puro, aquel cuyo desplazamiento presión-tiempo forma una sinuosidad, el Prms es 0.707 veces el valor máximo de la presión, o lo que es lo mismo

$$\text{Prms} = P_{\text{máx.}} / \sqrt{2} \quad (1.10)$$

Si se tiene un conjunto de tonos puros, el valor del Prms será la raíz cuadrada de la suma de todas las raíces medias cuadradas de cada onda; así tenemos que:

$$\text{Prms} = \sqrt{(P_1 / \sqrt{2})^2 + (P_2 / \sqrt{2})^2 + (P_n / \sqrt{2})^2} \quad (1.11)$$

lo que es lo mismo

$$\text{Prms} = (1 / \sqrt{2}) \sqrt{\sum_n P_n^2} \quad (1.12)$$

1.6 NIVEL DE POTENCIA Y PRESION SONORA (6).

Toda fuente que emane ondas sonoras está irradiando

energía. La cantidad de energía acústica irradiada por la fuente es la **Potencia Sonora**, que al transportarse hacia las moléculas de aire y al formar las ondas sonoras se transforma en **Presión sonora**, que es lo que el oído sensa.

La potencia sonora puede ser medida en wattios (W) y la presión sonora en Newton por metro cuadrado (N/m^2) o Pascales (Pa). Debido a que la escala de estas unidades son muy grandes en el rango de la sonoridad, comunmente tanto la potencia como la presión sonora se las obtiene en términos de decibeles "dB".

El decibel es el logaritmo de base diez de la razón de la cantidad que se requiere a una cantidad arbitraria elegida de referencia. El argumento del logaritmo es adimensional.

La potencia sonora en decibeles viene dada por:

$$L_w = 10 \log (w/w_{re}) \text{ dB} \quad (1.13)$$

Donde:

w = Potencia sonora en wattios.

w_r = Potencia sonora de referencia ($10^{-12}W$).

La presión sonora en decibeles viene dada por:

$$L_p = 10 \log (P^2/P_{re}^2) \text{ dB} \quad (1.14)$$

$$L_p = 20 \log. (P/ P_{re}) \text{ dB} \quad (1.15)$$

Donde:

P = Raíz media cuadrada de la presión sonora.

P_{re} = Presión sonora de referencia (20×10^{-6} Pa.).

La presión de 20×10^{-6} Pa., ha sido elegida como referencia, porque se ha encontrado, que en el promedio de jóvenes adultos, esta presión a una frecuencia de 1000 Hz., empieza a ser audible. La presión de 20×10^{-6} Pa., es la presión del umbral del oído a esa frecuencia y su valor es igual a 0 dB.

1.7 OPERACIONES CON DECIBELES (6).

En muchos casos se tienen que hacer operaciones matemáticas con decibeles; esto es: sumar, restar o sacar un promedio. Para poder hacer la operación, tenemos que transformar los decibeles a una escala lineal, donde se realiza la operación necesaria y el resultado es transformado nuevamente a decibeles.

Si se quiere sumar los niveles de presión sonora L_{p1} , L_{p2} , ..., L_{pn} , se deberá transformarselos a la escala lineal mediante la siguiente ecuación:

$$(P/Pre)^{2i} = \text{antilog} (Lp_i/10) = 10^{Lp_i/10} \quad (1.16)$$

Sumando los niveles de presión sonora y llevándolos nuevamente a decibeles:

$$Lp = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N (P/Pre)^{2i} \right] \text{ dB} \quad (1.17)$$

$$Lp = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{Lp_i/10} \right] \text{ dB} \quad (1.18)$$

Esta expresión final indica que Lp es la suma de todos los Lp_i decibeles.

Análogamente, si se quiere encontrar la suma de los Lw_i (niveles de potencia sonora), se tiene:

$$Lw = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{Lw_i/10} \right] \text{ dB} \quad (1.19)$$

Donde:

Lw = Nivel de potencia sonora total.

Lw_i = El enésimo de nivel de potencia sonora.

La substracción de decibeles puede ser realizada de similar manera que la adición. Si se quiere substraer un nivel de presión sonora Lp_2 a un nivel de presión sonora Lp_1 , tenemos:

$$Lp = 10 \log \left[(P_1/Pre)^2 - (P_2/Pre)^2 \right] \text{ dB} \quad (1.20)$$

$$L_p = 10 \log [10^{L_{p1}/10} - 10^{L_{p2}/10}] \quad \text{dB} \quad (1.21)$$

donde L_p es el resultado de la resta de los dos niveles de presión sonora dado, en decibeles.

El nivel promedio de presión sonora en decibeles \bar{L}_p , es obtenido sumando todas las presiones sonoras (escala lineal) que están en consideración y dividiendo el resultado para el número de niveles, así:

$$\bar{L}_p = 10 \log [1/n \sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}] \quad \text{dB} \quad (1.22)$$

Vale enfatizar que estos niveles de presión sonora han sido tomados en intervalos iguales de tiempo.

1.8 NIVEL DE PRESION SONORA EN PONDERACION "A" Y "C"

EL oído humano, no responde de igual manera a los ruidos emitidos a las diferentes frecuencias, atenuando la amplitud del ruido a baja frecuencia. Así, cuando tenemos dos ruidos de igual amplitud emitidos a diferentes frecuencias, el oído humano los escuchará a diferentes amplitudes. Si las frecuencias se encuentran alrededor de los 30 y 500 Hz., el ruido de más baja frecuencia se escuchará como si emitiera menor amplitud. Lo anteriormente expuesto puede ser

observado gráficamente en la figura 2.2 de la referencia 6 (apendice B), donde se encuentran las líneas de igual contorno de audición, que muestran como responde el oído humano a las diferentes frecuencias y a los diferentes niveles de presión sonora.

Para asemejar la forma como responde el oído humano, se crearon los decibeles de ponderación A, B y C, que se los designa como dB(A), dB(B) y dB(C). Los decibeles de ponderación "A" fueron introducidos para correlacionar mejor con el oído, cuando los niveles son menores de 55 dB; cuando el nivel de ruido se encuentra entre 55 y 85 dB correlaciona mejor los decibeles de ponderación "B" y para valores mayores a 85 dB los decibeles de ponderación "C".

En la tabla 2.2 de la referencia 6 (apendice B) se tiene las curvas de ponderación A, B y C, en las que se especifica cuantos decibeles se deben compensar a una determinada frecuencia para pasar de una escala a otra. Se tiene tabulados estos valores por cada tercio de octavo de banda. Los valores de compensación se encuentran con respecto a la escala "Lineal", es decir al nivel de presión real que está la onda sonora en el medio. Esta tabla es muy útil cuando hay que transformar un valor de una ponderación a otra. Por ejemplo si una onda sonora

tiene 70 dB lineales a una frecuencia de 40 Hz., y se lo quiere convertir a dB (A), bastará con restarle 34.6 dB y el valor será de 35.4 dB (A). Si se quiere convertir a dB (B) y a dB (C) se le restá 14.2 y 2.0 dB respectivamente, obteniéndose 55.8 dB (B) y 68 dB (C).

Aparte de estos decibeles de ponderación existen los decibeles de ponderación "D" que es exclusivo para trabajos con ruido emitido por aviones.

De múltiples estudios realizados sobre el impacto del ruido en el hombre, se ha encontrado que los decibeles A son los que mejor han correlacionado con la respuesta subjetiva de su oído. Hoy en día el tipo de ponderación más usado para tratar con pérdidas de audición y molestias al oído humano son los decibeles A.

1.9 NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE (L_{eq}), (1)(11).

Cuando se quiere hacer un estudio de nivel de ruido urbano por lo general se va a notar que éste varía mucho con respecto al tiempo. Se pueden registrar histogramas completos del ruido, pero son difíciles de interpretar. Por esto se han creado varios

criterios para cuantificar el ruido humano, uno de ellos es el Nivel Continuo Equivalente.

El Nivel Continuo Equivalente (Leq), es el valor que da la misma cantidad de energía sonora con ponderación "A", que el correspondiente histograma del ruido durante un mismo intervalo de tiempo.

El Nivel Continuo Equivalente es calculado por:

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \tau_i 10^{0.1 L_{pi}} \right] \text{ dB (A)} \quad (1.23)$$

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 L_p(t)} dt \right] \text{ dB (A)} \quad (1.24)$$

Donde Δt es el intervalo de tiempo en que se mantiene constante, el valor de la presión sonora L_{pi} en dB (A) y T es el tiempo total resultante de la suma de todos los intervalos de tiempo. Si el nivel de ruido es constante durante el período de observación con un valor L , entonces $Leq = L$.

El Nivel Continuo Equivalente fue elegido por la Agencia de Protección del Ambiente de los E.E.U.U. (EPA), como la medida básica para la evaluación del impacto del ruido en el ambiente.

El criterio de Leq fue desarrollado en Alemania e

introducido en 1965 como un criterio de ruido específicamente para evaluar el impacto del ruido de los aviones en la vecindad de los aeropuertos. Este criterio fue casi inmediatamente reconocido en Australia como apropiado para evaluar el impacto que produce el ruido del tráfico urbano, en las viviendas y en las escuelas. De la misma manera, este criterio fue el que mejor correlación tuvo con la respuesta subjetiva humana en la gran inspección del ruido del tráfico hecha en Suecia en el año 1966-1967.

El valor de L_{eq} está usualmente referido a un período de observación de 24 horas, aunque también puede ser obtenido para períodos de 12, 8, o 1 horas.

1.10 PORCENTAJE ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE RUIDO (L_N)(11).

En algunas ocasiones, para analizar la variación del nivel de ruido, es muy útil usar el criterio del porcentaje estadístico del nivel de ruido L_N . El porcentaje estadístico del nivel de ruido puede ser descrito como el nivel de ruido con ponderación "A", excedido durante el N por ciento del tiempo del período de muestreo. Por ejemplo supongamos que en determinado tiempo de registro, se han obtenido valores desde 65 hasta 100 dB (A); si se agrupan los re-

gistros en intervalos de 5 decibeles, y si se obtiene que dentro del intervalo de 65 a 70 dB (A) corresponden al 4 % del tiempo de muestreo, lo que están entre 70 a 75 dB (A) son el 16 %, de 75 a 80 dB (A) el 35%, de 80 a 85 dB (A) el 25%, de 85 a 90 dB (A) el 15 %, de 90 a 95 dB(A) el 4% y de 95 a 100 dB (A) el 1%; podremos formar lo que en estadística se llama la "Distribución Acumulativa", sumando acumulativamente los valores del porcentaje de los intervalos anteriores, de la siguiente manera:

INTERVALOS	PORCENTAJE	ACUMULATIVO
95 - 100	1%	1 = 1%
90 - 95	4%	1 + 4 = 5%
85 - 90	15%	5 + 15 = 20%
80 - 85	25%	20 + 25 = 45%
75 - 80	35%	45 + 35 = 80%
70 - 75	16%	80 + 16 = 96%
65 - 70	4%	96 + 4 = 100%

Así, se puede decir que el nivel del ruido ha excedido 65 dB(A) el 100% del tiempo, 70 dB(A) el 96%, 75dB(A) el 80%, 80dB(A) el 45%, 85dB(A) el 20%,

90 dB(A) el 5%, 95 dB(A) el 1% y que nunca se ha excedido los 100 dB(A) en este período de observación.

La primera evaluación de la polución sonora urbana, utilizando los Porcentajes Estadísticos del Nivel de Ruido, fue conducida en Londres central en 1961-1962. En este trabajo se elegieron 540 puntos de observación en la parte central de la ciudad y en cada sitio se obtuvieron lecturas durante 24 horas. De los resultados de este trabajo se pudo demostrar que el Porcentaje Estadístico del Nivel de Ruido sobre un período de dos minutos por cada hora, es razonablemente representativo del nivel registrado en todo el tiempo.

El $L_{0.1}$ (nivel excedido el 0.1% del tiempo), es tomado como un valor representativo del valor pico del muestreo que se realiza. El L_{99} (nivel excedido el 99% del tiempo representa el nivel del ruido más bajo registrado). El L_{90} da una idea del nivel de ruido de fondo y el L_{10} representa el promedio del nivel de los valores pico que se ha registrado durante el muestreo.

El "Clima de Ruido" se lo ha definido como la diferencia que existe entre el L_{90} y el L_{10} ($L_{90} - L_{10}$).

Si la fluctuación del ruido tiene una distribución gaussiana con una distribución standard σ , se puede relacionar el Nivel Continuo Equivalente con L_{50} , por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{eq} \approx L_{50} + 0.115 \sigma^2 \quad (1.25)$$

También es posible relacionar otros valores del Porcentaje Estadístico del Nivel de Ruido con el Nivel Continuo Equivalente, en función del clima del ruido y la desviación standard (11).

CAPITULO II

INSTRUMENTACION

2.1 MICROFONOS(4)(7)(8).

Los micrófonos son elementos que convierten la presión sonora a un determinado voltage equivalente. Los micrófonos más comunmente usados para medir los niveles de presión sonora son: los cerámicos, condensadores y electret.

Los **Micrófonos Cerámicos** usan un elemento piezoeléctrico (plomo-titanio, plomo-zicornio) para aprovechar las deformaciones producidas en él y convertirlas en señales de voltage (fig. 2.1). Las ondas de presión sonora llegan a un diafragma que está conectado al elemento piezoeléctrico, en forma de fuerza; dándole al diafragma un movimiento alternativo que producirá deformaciones al elemento piezoeléctrico. Este último transformará las deformaciones a señales de voltage proporcionales a las presiones sonoras.

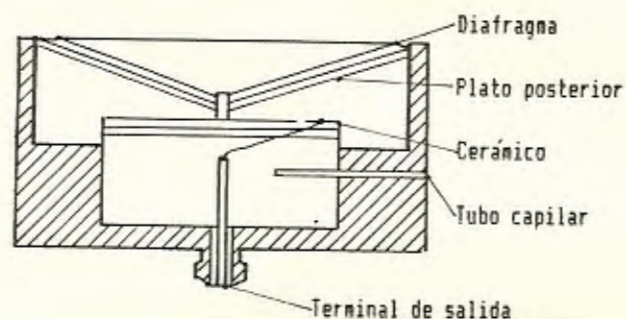


Fig. 2.1. Esquema de un micrófono cerámico (7).

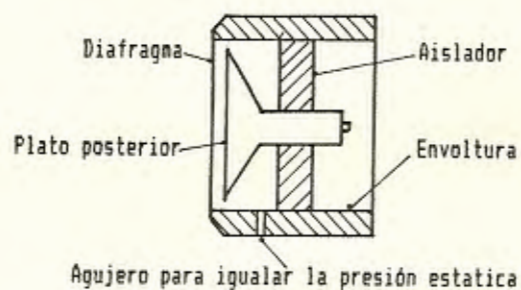


Fig. 2.2. Esquema de un micrófono condensador (7).

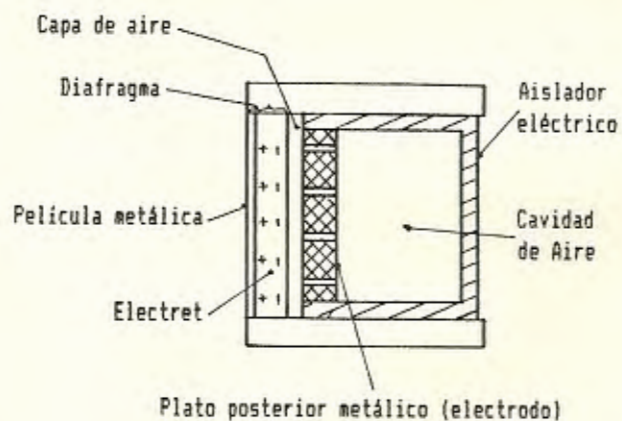


Fig. 2.3. Esquema de un micrófono electret (8).

Este tipo de micrófono es de consistencia fuerte, tiene excelente estabilidad y es relativamente poco afectado por los cambios de temperatura y humedad. Una de sus desventajas es ser muy sensible a las vibraciones mecánicas.

Los Micrófonos Condensadores (fig. 2.2) aprovechan el principio del condensador, para enviar un voltage proporcional a la presión que llega a él. Estos micrófonos consisten de un diafragma metálico que está colocado muy cerca a un plato posterior (que está fijo), ambos conforman los electrodos del condensador. Al recibir el diafragma las variaciones de presión sonora, ésta empezará a vibrar acercándose y alejándose de la placa posterior, haciendo variar la capacitancia que existe entre el diafragma y el plato posterior; un voltage estabilizado de polarización D.C. es requerido para el condensador. Este micrófono es el que tiene la mejor estabilidad así como también un bajo coeficiente de temperatura y un ancho rango lineal a la respuesta de la frecuencia. Una de sus desventajas es que es afectado por la humedad y su alto precio.

Los Micrófonos Electret (fig. 2.3) tienen las mismas características de funcionamiento de los micrófonos condensadores, con la diferencia de que no necesitan

un voltage de polarización D.C. El diafragma consta de un material llamado "Electret", el que está compuesto de una delgada lámina de polímero, cubierto a un lado de una fina película metálica. El condensador es formado por el diafragma y una placa posterior. Sus ventajas son el bajo costo, y no necesita un voltage de polarización.

En la mayoría de los micrófonos de todo tipo, mientras menor es su tamaño, el rango lineal de la respuesta a la frecuencia crece, y su sensibilidad decrece.

2.2 MEDIDOR DE NIVEL DE PRESION SONORA (SONOMETRO)(7)(8).

Es un ins~~x~~trumento que sirve para medir el sonido. Consta de dispositivos electrónicos, a los que llegan los niveles de presión sonora existentes en el medio que se quiera medir. La respuesta la da directamente

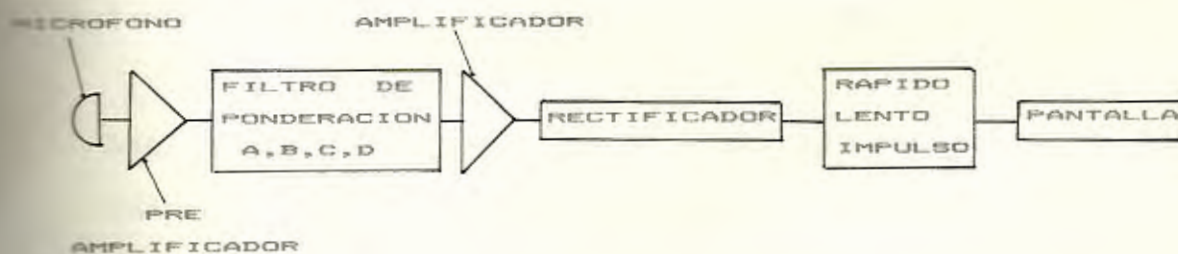


FIG. 2.4 Esquema Típico de un Sonómetro (7).

en una escala en decibeles.

La figura 2.4 (7), muestra el esquema típico de un sonómetro.

El oído humano es un instrumento muy complejo por lo que los sonómetros son acondicionados de dispositivos para dar respuestas parecidas a la forma como responde el oído. Dependiendo del tipo de inspección que se realiza, hay que seleccionar el tipo de decibeles o ponderación apropiada. Los sonómetros no siempre traen todos los tipos de ponderación.

Las disposiciones de "Lenta" (slow), "Rápida" (Fast) e "Impulsivo" (Impulsive) son seleccionadas dependiendo del comportamiento del ruido que se quiere medir. La primera se usa cuando el ruido es casi constante; como los emitidos por motores, acondicionadores de aire, etc. "Rápido" es usado cuando el nivel de ruido varía muy frecuentemente, por ejemplo, medición del tráfico vehicular, e "Impulso" para ruidos en forma de impulsos o golpes como el que tenemos con martillos neumáticos y otros.

Los sonómetros generalmente dan su respuesta en valores "RMS". Los sonómetros tienen usualmente terminales de salida para trabajar con otros instrumentos tales como: registradores gráficos,

grabadoras, computadoras, etc.

La calibración de un sonómetro se la hace por medio de un tornillo que ajusta el amplificador para aumentar o disminuir la ganancia. El ajuste se lo hace de acuerdo a un valor de presión sonora emitido por un calibrador o pistófono. Estos últimos generan un nivel presión sonora constante a una determinada frecuencia. En la figura 2.5 se muestra el calibrador 4230 B & K (instrumento usado en el presente trabajo) que emite una amplitud de presión sonora de 94 dB a 1 Khz., y trabaja para micrófonos de $\frac{1}{2}$ y 1 pulgada.

En la figura 2.6 se observa el Sonómetro Integrador de Precisión 2230 de la B & K (usado para la realización del presente trabajo). El 2230 de la B & K puede almacenar valores máximos y mínimos de un muestreo. Presenta directamente los valores del Nivel Continuo Equivalente hasta de un periodo de registro de 8 horas, limitado por la vida de la pila. Su rango dinámico es de 70 dB en 6 subgammas de 20 dB cada uno, empezando desde los 70 dB. Este sonómetro trabaja con el Micrófono 4155 de la B & K.

Cuando se toman medidas con sonómetros portátiles, las personas que sostienen el sonómetro, afectan el

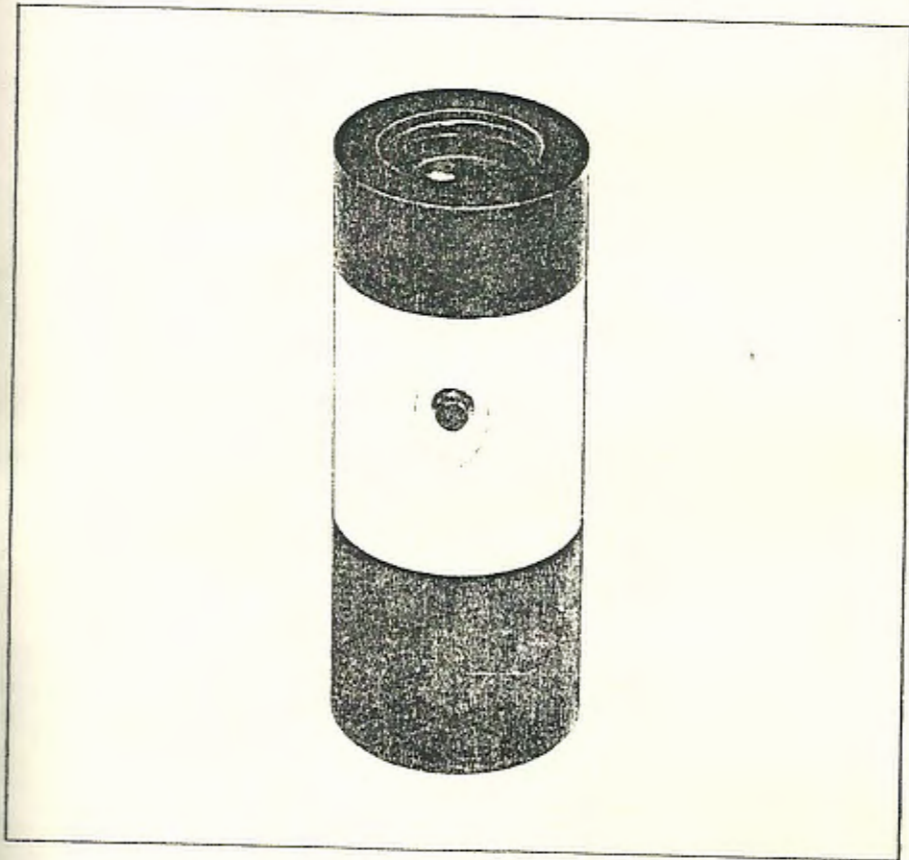


Fig. 2.5. Calibrador Acústico 4230 B&K.

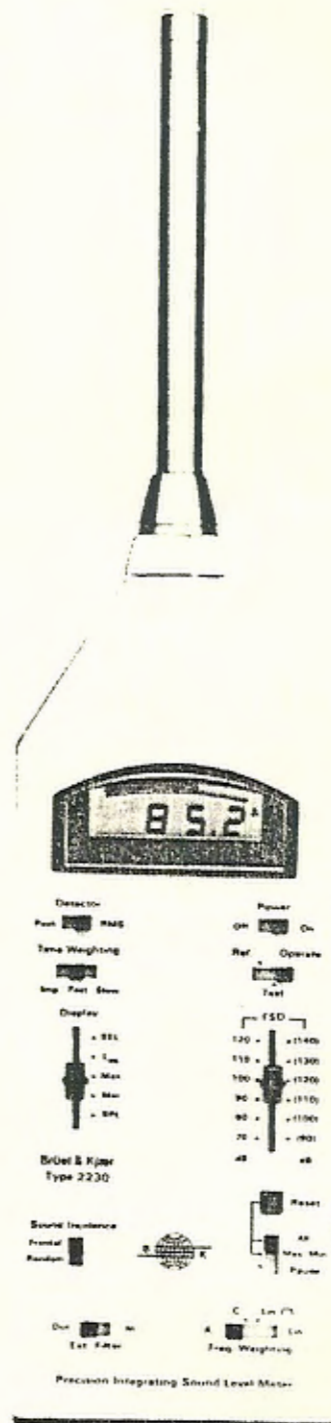


Fig. 2.6. Sonómetro Integrador de Precisión 2230 B&K.

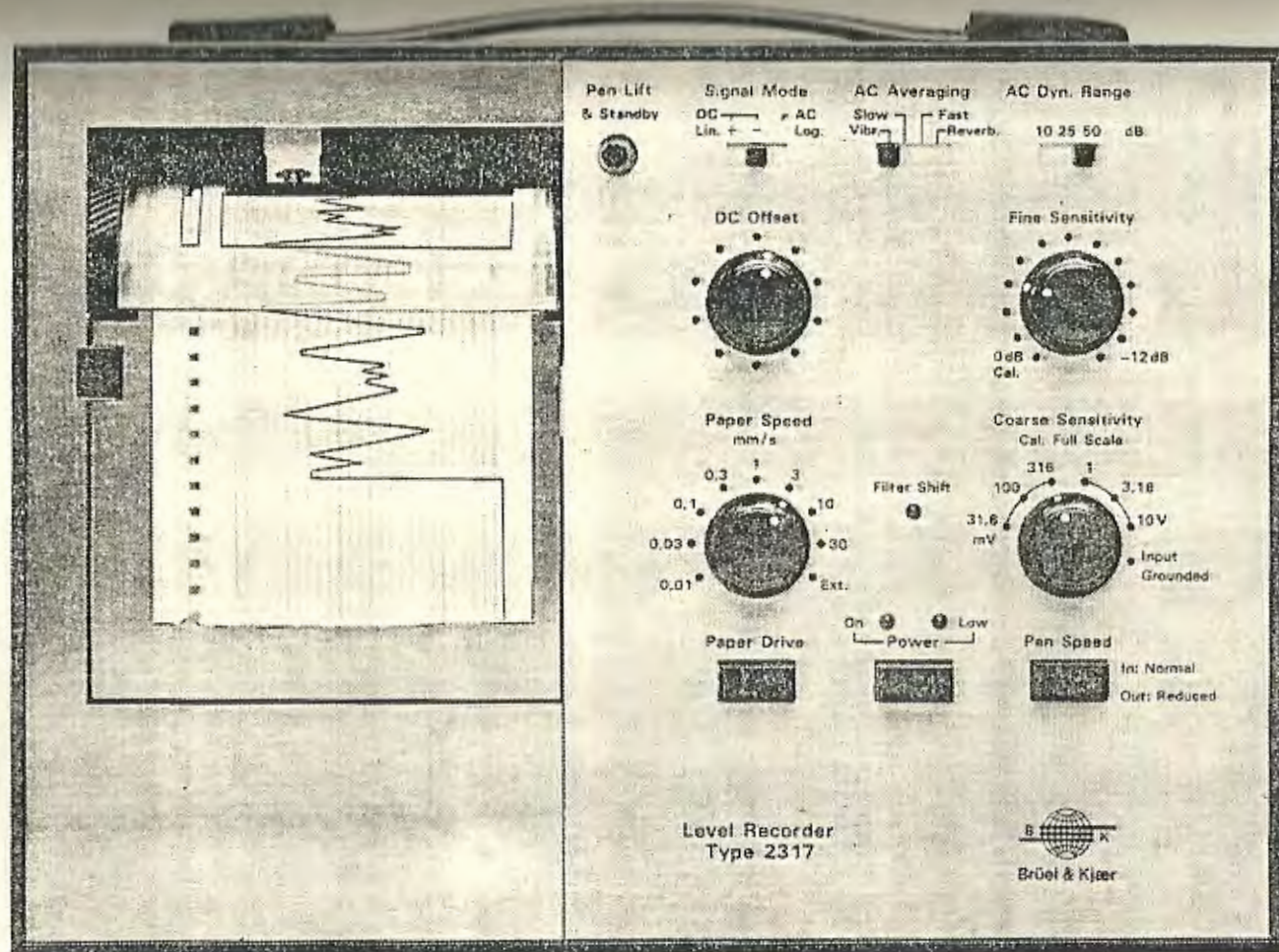


Fig. 2.7. Registrador de Nivel 2317 B&K.

campo sonoro existente, provocando una alteración en las lecturas del mismo. Para las medidas de precisión, muchas veces se coloca el micrófono fuera del sonómetro, montado sobre un trípode, unidos por 2 o 3 metros de cable.

existen 4 clases de medidores de nivel de ruido para uso común: Tipo-1 Precisión, Tipo-2 de Propósito General, Tipo-3 Inspección y Tipo-S Propósito Especial.

2.3 FILTROS DE OCTAVOS Y TERCIOS DE OCTAVO DE BANDA (4).

Los sonómetros dan el valor de la amplitud de la presión acústica resultante de las ondas sonoras de las diferentes frecuencias que llegan al micrófono, pero esto por si solo no da el valor de la amplitud de presión a una determinada frecuencia.

En la mayoría de los trabajos de ingeniería se hace necesario conocer el nivel de presión sonora en una determinada banda de frecuencia. Para esto es necesario utilizar un analizador que posea una serie de filtros sintonizadores de frecuencia, que por lo general trabajan con las frecuencias audibles (20 a 20000 Hz).

Dependiendo del tipo de ancho de banda con el que se trabaja, los analizadores pueden ser divididos en tres grandes grupos: ancho de banda constante, ancho de banda porcentual y ancho de banda nominal.

El primer grupo, mide el nivel de presión que se encuentra a un ancho de banda constante que es independiente de la frecuencia central (que se selecciona con alguna perilla o botón del analizador). Por ejemplo, en el analizador de frecuencias de la Bruel & Kjaer, modelo 2010 puede medir los valores de nivel de presión con anchos de bandas constantes de 3.16, 10, 31.6, 100, 316 y 1000Hz que son sintonizables desde 2 Hz a 200 Khz.

Los analizadores de porcentaje de ancho de banda constante, son aquellos que mantienen constante el valor del porcentaje de ancho de banda con respecto a la frecuencia central. El rango de ancho de banda variará y será mayor mientras mayor sea la frecuencia central. Por ejemplo, el analizador de Bruel & Kjaer, modelo 2120 dispone de filtros sintonizables de 1,3,10, y 23 %, para un rango de frecuencias de 2 Hz a 20 Khz.

Los analizadores de banda nominales trabajan con anchos de banda llamados octavos, los que tienen una

relación entre la frecuencia máxima y mínima del ancho de banda de 2 a 1 (por ejemplo de 708.8 a 354.4 Hz). También se encuentran analizadores que barren un ancho de banda menor, cuando necesitamos de una mayor información del espectro. Así el de 1/3 de octavo y el de 1/2 de octavo tienen una relación de $\sqrt[3]{2}$ y $\sqrt{2}$ respectivamente, entre las frecuencias límites máxima y mínimas.

TABLA I

Centros de Frecuencias de Octavos de Banda y Límites de Banda (4).

CENTRO DE FRECUENCIA, Hz.

<u>NOMINAL</u>	<u>PRECISO</u>	<u>LIMITES DE BANDA, Hz</u>		
16	15.8	11.2	-	22.4
32	31.6	22.4	-	44.7
63	63.1	44.6	-	49.8
125	125.9	89.0	-	178.0
250	251.2	177.6	-	355.2
500	501.2	354.4	-	708.8
1000	1000.0	701.1	-	1414.2
2000	1995.3	1410.9	-	2821.7
4000	3981.1	2815.0	-	5630.1
8000	7943.3	5616.7	-	11233.5
16000	15848.9	11206.9	-	22413.8

Los centros de frecuencias se encuentran establecidos por normas internacionales. En las tablas I y II podemos observar los centros de frecuencias nominales con los cuales trabajan los analizadores de octavos y tercios de octavos de banda, y sus respectivas frecuencias límites.

TABLA II

Centros de Frecuencias de Tercio de Octavos de Banda y Sus Límites de Banda (4).

CENTRO DE FRECUENCIA, Hz		LIMITE DE BANDA, Hz	
<u>NOMINAL</u>	<u>PRECISO</u>		
100	100.0	89.1	- 112.2
125	125.9	112.2	- 141.3
160	158.5	141.2	- 177.9
200	199.5	177.8	- 224.0
250	251.2	223.8	- 223.9
315	316.2	281.7	- 355.0
400	398.1	354.7	- 446.9
500	501.2	446.5	- 562.6
630	631.0	562.1	- 708.2
800	794.3	707.0	- 891.6
1000	1000.0	890.9	- 1122.5

Para muchos problemas de ingeniería basta trabajar sólo con octavos de banda, puesto que toma menos tiempo barrer un cierto rango de frecuencias. Finalmente en muchas ocasiones es imposible mantener el mismo nivel de presión sonora por mucho tiempo, por lo que el uso de tercios de octavos se torna complicado.

2.4 ANALIZADOR ESTADISTICO DE NIVEL DE RUIDO.

La determinación manual de los parámetros estadísticos con los valores de niveles de presión sonora es tediosa. Para la determinación directa de parámetros estadísticos, se utiliza normalmente los Analizadores Estadísticos de Ruido.

Los Analizadores Estadísticos de Ruido pueden mostrar directamente los valores Estadísticos Porcentuales de Ruido (L_{w}), el Índice de Ruido por Tráfico (TNI), el Nivel de Polución Sonora (NPL), el Nivel Continuo Equivalente (L_{eq}), etc. Estos equipos son manuales y pueden trabajar a baterías, por lo que son ideales para hacer estudios del nivel de ruido, en el sector urbano, aeropuertos, carreteras, etc.

En la figura 2.8, se observa el Analizador

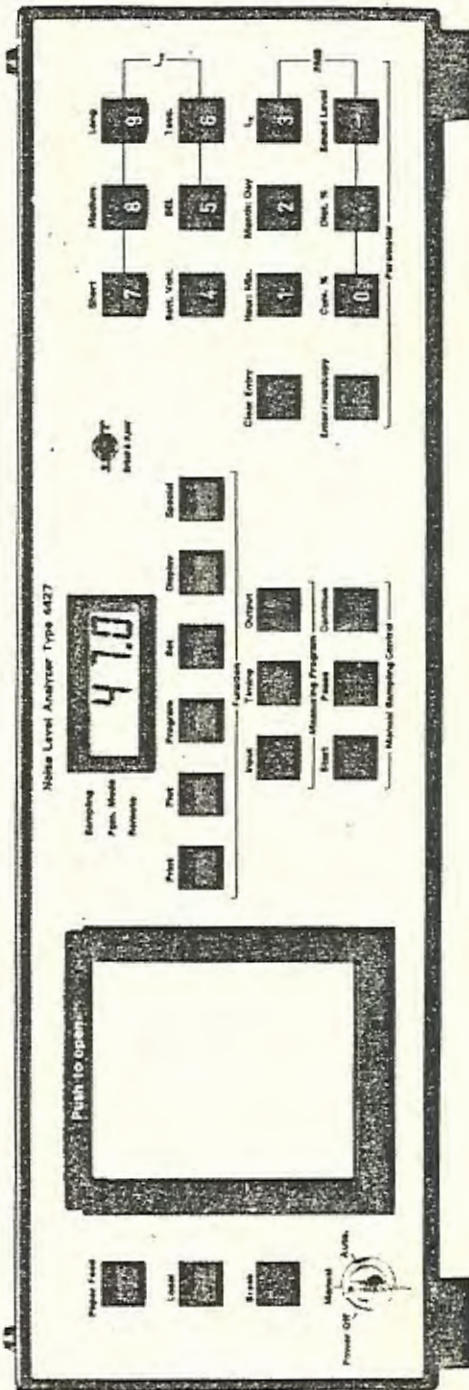


Fig. 2.8. Analizador de Nivel de Ruido 4427 B&K.

Estadístico de Nivel de Ruido 4427 de la Bruel & Kjaer (equipo utilizado en este trabajo) que tiene un rango dinámico de 110 dB. Este equipo es bastante moderno y aparte de mostrar los valores de L_N , TNI, NPL, Leq, etc., tiene un registrador gráfico que puede imprimir el Nivel de Presión Sonora en función de la velocidad del papel. También nos puede graficar la distribución acumulativa para los diferentes valores L_N . Además puede registrar en el papel los valores de cualquiera de los parámetros o de los criterios requeridos.

El Analizador Estadístico 4437 puede trabajar más de las 24 horas cuando las pilas son nuevas. Este analizador tiene varias opciones programadas de trabajo. Consta de tres subprogramas: entrada, tiempo y salida.

En el programa de entrada se elige la ponderación "A" o la Lineal; RMS o Pico ; Fast, Slow o Impulsivo. El programa de tiempo está dividido en tres términos: corto, medio, y largo. En el término corto se selecciona el tiempo de registro en un intervalo de tiempo menor o igual a una hora. En el término medio se selecciona las horas de cada uno de los tres intervalos de tiempo que divide a las 24 horas del día. El término largo puede tomar los registros de

todas las 24 horas del día. En el programa de salida se selecciona los datos o gráficos que se desea obtener.

CAPÍTULO II

INDICES DE SEVERIDAD DE TIEMPOS DE TRÁFICO EN LOS CARRETEROS DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE LA PAZ

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE LA PAZ

La zona urbana de la ciudad de La Paz se caracteriza por ser una zona de alta densidad de población y de alta actividad económica. La zona está conformada por una gran variedad de edificios y estructuras, lo que genera un alto nivel de congestión vial durante los horarios de mayor actividad.

Las principales vías de la zona urbana de la ciudad de La Paz son las avenidas principales, las cuales están sujetas a una alta congestión vial durante los horarios de mayor actividad. La congestión vial se genera principalmente por el alto nivel de actividad económica y por la gran cantidad de vehículos que circulan por estas vías.

Las principales causas de la congestión vial en la zona urbana de la ciudad de La Paz son el alto nivel de actividad económica y la gran cantidad de vehículos que circulan por las vías principales. La congestión vial se genera principalmente por el alto nivel de actividad económica y por la gran cantidad de vehículos que circulan por estas vías.

CAPITULO III

INDICES DE SEVERIDAD DE POLUCION SONORA EN CIUDADES DEBIDO AL TRAFICO VEHICULAR.

3.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL RUIDO DEL TRAFICO URBANO

La gente que vive en el sector urbano está expuesta a ruidos que provienen de diferentes fuentes, tales como: Transportación, industrias, sonidos producidos por personas y animales, etc.

Las industrias y los vehículos, tanto de transportación aérea como marítima, pueden ser alejados del sector urbano realizando una buena planificación. Para ciertos vehículos terrestres esto será casi imposible.

Los niveles de presión sonora pueden ser muy diferentes en cada calle, dependiendo principalmente de la densidad del tráfico vehicular. Este tipo de ruido es

fluctuante y va a variar en función con la hora del día. Así tendremos mayor nivel de ruido al medio día que a la media noche. Sus horas pico estarán situadas dependiendo de las actividades y costumbres de la ciudad.

No se puede esperar que en una calle los niveles de presión sonora sean iguales todos los días. Los histogramas de ruido serán algo similares entre los días laborables. Los niveles de presión sonora en una determinada calle, muchas veces varían: por la condición del tiempo, por la estación del año en que se encuentra y por las diferentes actividades que se realizan en la ciudad durante el año.

3.2 INDICES DE SEVERIDAD EN FUNCION DEL NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE (Leq).

En la tabla III se puede observar los índices de severidad para los valores del Nivel Continuo Equivalente registrados dentro (adentro) o fuera (afuera) de las localidades, en función del tipo de sector (comercial, industrial, etc.). Estos índices de severidad han sido propuestos por la **Agencia de Protección Ambiental** de los E.E.U.U. (E.P.A.)(7).

TABLA III

INDICES DE SEVERIDAD PARA LA PROTECCION DE LA SEGURIDAD Y SALUD PUBLICA (7).

	ADENTRO			AFUERA		
	Interferencia de actividad	Consideración de Pérdida auditiva	Protección a Ambos efectos(b)	Interferencia de actividad	Consideración de Pérdida auditiva	Protección a Ambos efectos(b)
Residencial Suburbano.	Ldn 45 Leq(24)	70	45	55	70	55
Residencias en la ciudad.	Ldn 45 Leq(24)	70	45			
Comercial.	Leq(24) (a)	70	70(c)	(a)	70	70(c)
Transportación.	Leq(24) (a)	70	(a)			
Industrial.	(d)Leq(24) (a)	70	70(c)	(a)	70	70(c)
Hospital.	Ldn 45 Leq(24)	70	45	55	70	
Educacional.	(d)Leq(24) 45 (d)Leq(24)	70	45	55	70	55
Áreas Recreacionales.	Leq(24) (a)	70	70(c)	(a)	70	70(c)
Haciendas y Sector no Poblado.				(a)	70	70(c)

a) Ya que los diferentes tipos de actividades están relacionados con los diferentes niveles. Es necesario identificar un máximo nivel para no interferir en ninguna actividad, excepto cuando la actividad crítica es la comunicación.

b) Basado en niveles bajos.

c) Basado solamente en pérdida auditiva.

d) Un valor de Leq(8) de 75 dB(A) puede ser usado si las 16 horas restantes del día, el valor de Leq no es mayor de 60 dB(A).

3.3 PROMEDIO DEL NIVEL DE RUIDO PARA DIA Y NOCHE (Ldn).

Este criterio se basa en el promedio de la energía del nivel de ruido. Sus datos son registrados durante un período de 24 horas, añadiéndoles 10 dB(A) a cada uno de los valores registrados durante el tiempo de la noche. El Promedio del Nivel de Ruido para día y noche es también llamado "Nivel de Día y Noche". Se lo simboliza en las ecuaciones como Ldn y está representado por la ecuación (11):

$$Ldn = 10 \log 1/24 [15(10^{L_d/10}) + 9(10^{(L_n+10)/10})] \quad (3.1)$$

Donde:

Ld es el Leq registrado durante las 7h00 a 22h00

Ln es el Leq registrado durante las 22h00 a 7h00.

En el período transcurrido durante las 7h00 a 22h00 es denominado tiempo del día y de las 22h00 a 7h00 es llamado tiempo de la noche. El Ldn también se puede encontrar mediante la siguiente integral(11):

$$Ldn = 10 \log 1/86400 \left[\int_0^{54000} 10^{0.1L(t)} dt + \int_{54000}^{86400} 10^{0.1(L(t)+10)} dt \right] \quad (3.2)$$

Donde los valores para esta integral, se los regis-

tran desde las 07h00. El Promedio del Nivel de Ruido para día y noche fue diseñado para mejorar el criterio del Nivel Continuo Equivalente (Leq). Añadiéndole 10 decibeles a los niveles de ruidos en el tiempo de la noche, como factor de seguridad a los ruidos inesperados que se pueden presentar en este lapso. De esta forma, se garantiza que las personas no sean interrumpidas en estas horas que son las que ocupa para dormir.

Los índices de severidad para Ldn, los tenemos en la tabla IV (8).

TABLA IV

Índices de Severidad para el Ldn (8).

<u>SECTOR</u>	<u>Ldn dB(A)</u>
Centro de la ciudad o sector comercial	75 - 80
Residencial muy ruidoso	68 - 73
<u>Áreas Residenciales:</u>	
Sector urbano ruidoso	63 - 68
Sector urbano	58 - 63
Suburbano	53 - 58
Pequeños pueblos y sectores suburbanos tranquilos	46 - 53

3.4 INDICE DE RUIDO POR TRAFICO (TNI), (10).

Este criterio se aplica cuando en una evaluación de ruido urbano se requiere saber si existe molestia por la fluctuación del nivel de ruido debido al tráfico vehicular. Se lo adquiere de los valores tomados de las calles, en niveles de presión en ponderación "A", durante un período de 24 horas. Este criterio está relacionado con los valores de los Porcentajes Estadísticos L_{10} y L_{90} , que representan los niveles excedidos durante el 10% y el 90% respectivamente del tiempo muestreado, y se encuentra definido como:

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (3.3)$$

Donde, el primer término está dado por 4 veces el clima de ruido y representa la variación de ruido entre los niveles pico y los niveles de fondo; el segundo término nos muestra el nivel de ruido de fondo, y el tercer término es una constante.

El estudio de este criterio fue realizado en Londres por W. E. Scholes, en el año de 1967, en 12 sitios al noroeste de la ciudad. Los datos fueron tomados durante 100 segundos por cada hora, sobre un período de 24 horas. Uno de los sitios fue excluido porque

estuvo expuesto a un valor significativo de los ruidos de aviones. Se entrevistaron a 708 personas, en cuyos cuestionarios habían preguntas sobre el punto de vista de la forma en que el ruido del tráfico afectaba a las actividades domesticas. La evaluación se la hizo en una escala que contenia 7 puntos desde "Completamente Insatisfactorio" a "Completamente Satisfactorio". Entre los datos que se tomaron, el Índice de Tráfico por Ruido (ecuación 3.3) fue el que mejor correlacionaba con las repuestas subjetivas del oído humano, porque su coeficiente de correlación fue $r=0.88$ mientras que para L_{10} , L_{50} y L_{90} el coeficiente de correlación fue de 0.6, 0.45 y 0.26 respectivamente. La figura 3.1 muestra el gráfico de la relación entre el TNI y la evaluación del estudio de las respuestas subjetivas. Se llegó a la conclusión, que un valor menor o igual a 74 TNI, es necesario para que no produzca la insastifacción con una probabilidad de 40 a 1.

Hay que tener cuidado de no aplicar este criterio donde el ruido con respecto al tiempo es constante, porque se podría obtener un valor de TNI igual a 74, en un lugar donde el nivel de ruido se mantiene constante a 104 dB(A) por lo que L_{90} y L_{10} serían igual 104 dB(A). Como se sabe este valor de 104 dB(A) no es recomendado según otros criterios.

El índice de severidad para el criterio del Índice de Ruido por Tráfico se lo puede obtener de la figura 3.1 (10).

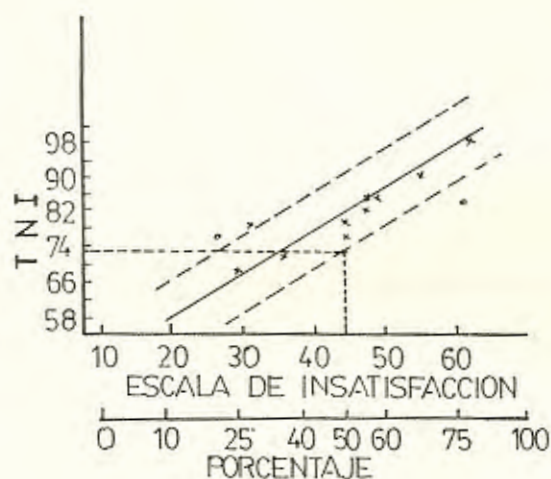


Figura 3.1 . Valores de TNI VS Escala de Insatisfacción (10)

3.5 NIVEL DE POLUCION SONORA (NPL) (11).

De los muchos estudios realizados para poder encontrar de que forma es afectado el oído humano a la exposición del ruido del tráfico, se han obtenido diversos criterios. Entre estos criterios, unos se basan en la energía media de los niveles de ruido que ha estado expuesto y otros a las fluctuaciones del ruido.

El Nivel de Polución Sonora se fundamenta en estos

dos criterios, para formar la siguiente expresión:

$$L_{NP} = L_{eq} + k\sigma \quad (3.4)$$

Donde, L_{eq} es el Nivel Continuo Equivalente tomado en un cierto período de tiempo, σ es la desviación standard de cada uno de los niveles de ruido producido en el mismo período y k es una constante igual a 2.56. Se puede observar que el primer término representa el promedio de la energía y el valor del segundo término representa la fluctuación del ruido.

Para hacer uso de este criterio los valores deben ser registrados en dB(A). En ciertas ocasiones el Nivel de Polución Sonora se lo puede aproximar mediante las siguientes expresiones:

$$L_{NP} = L_{eq} + (L_{10} - L_{70}) \quad (3.5)$$

$$L_{NP} = L_{50} + (L_{10} - L_{70}) + 1/60 (L_{10} - L_{90})^2 \quad (3.6)$$

Los índices de severidad dados por el Departamento de Viviendas y Desarrollo Urbano de los E.E.U.U. (H.U.D.), para las nuevas viviendas, están dados en la tabla V.

TABLA V

Indices de Severidad para el Nivel de Polución Sonora
(8).

	NPL
<u>CLARAMENTE INACEPTABLE</u>	> 88
Que exceda de 80 dB(A) por 60 min./24h.	
Que exceda de 75 dB(A) por 8 h./24h.	
<u>NORMALMENTE INACEPTABLE</u>	74-78
Que exceda de 65 dB(A) por 8h./24h.	
Que existan repetitivos ruidos altos.	
<u>NORMALMENTE ACEPTABLE</u>	62-74
No exceda de 65 dB(A) por más de 8h./24h.	
<u>CLARAMENTE ACEPTABLE</u>	< 62
No exceda de 45 dB(A) por más de 30 min./24h.	

*Estos indices están dados para valores registrados
fuera de las viviendas.*

CAPITULO IV

PARTE EXPERIMENTAL

4.1 INTRODUCCION.

Las primeras ideas sobre esta tesis, fueron la de realizar un estudio del nivel de polución sonora, en el que se abarque la mayor parte de la ciudad de Guayaquil. Al no contar con ningún apoyo económico, este proyecto se descartó y el estudio se lo redujo a la inspección de un sector dentro del casco comercial de la ciudad de Guayaquil.

Por dificultades económicas y de movilización sólo se pensó obtener registros de nivel de presión sonora (24 horas), en cinco o seis puntos de observación. Se realizó un pre-estudio para poder determinar cuales serían las intersecciones más representativas del sector.

El estudio se realizó en dos partes. La primera parte

que se denominó el pre-estudio y la segunda parte que es el estudio de la polución sonora propiamente dicha. Los equipos con los que se trabajó son propiedad de la FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA de la ESPOL.

En los estudios de contaminación ambiental por ruido es necesario identificar en que zona se trabaja, es decir, si la zona es: residencial, comercial o industrial. De acuerdo a cada zona se eligen los índices de severidad permitidos. También es necesario identificar cual es la principal fuente sonora que influye en este sector.

Se identificó al sector en que se trabajó como comercial, combinado en ciertos lugares con residencial. El nivel de polución se encuentra afectado principalmente por el tráfico vehicular.

4.1.1 DEFINICION DE LA ZONA DE TRABAJO.

Guayaquil es una ciudad que se encuentra a nivel del mar, al suroeste del Ecuador. Es la capital de la provincia del Guayas y su límite urbano tiene una extensión aproximada de 110 Km². Su población es alrededor de 2'000000 de

habitantes y en la Comisión de Tránsito del Guayas se encuentran registrados alrededor de 100000 vehículos entre livianos y pesados.

Guayaquil es el principal puerto del país, por lo que se desarrolla una gran actividad comercial. Llegan carros de todas partes del país, para realizar intercambios de mercaderías. Posee el aeropuerto Internacional Simón Bolívar, que se encuentra dentro de los límites urbanos de la ciudad, que no sólo es utilizado por los ciudadanos de Guayaquil, sino también por los habitantes de otras ciudades de la región.

La mayoría de las industrias se encuentran fuera de la ciudad, pero aún hay muchas que se encuentran dentro de los límites urbanos.

El sector escogido se encuentra dentro del casco comercial de la ciudad. Este sector se lo limitó por las calles: 9 de Octubre, Malecón Simón Bolívar, Av. Colón y Lorenzo de Garaicoa. Grandes transacciones comerciales se desarrollan en este sector. Aquí se encuentran los principales bancos, la Gobernación, la Municipalidad y las principales casas comerciales. También se tiene dos iglesias (una es la

Catedral), centros educativos que trabajan de mañana, tarde y noche, varios hoteles, un parque y una biblioteca Municipal.

Por todo lo mencionado en el párrafo anterior, este sector es muy concurrido a todas las horas del día.

4.1.2 METODOLOGIA DE APLICACION

El trabajo fue realizado en dos partes. En la primera parte se realizó un muestreo de cada una de las 74 intersecciones del sector durante los meses de Agosto y Septiembre de 1988. Para realizar este estudio se hizo la suposición de que el ruido en todas las intersecciones se comporta en forma semejante entre las 10h00 y las 11h00, para los distintos días de la semana (Lunes-Viernes).

Los registros fueron obtenidos, sólo en una hora por día, de 10h00 a 11h00, tomándose 6 lecturas de cinco minutos durante esta hora, 1 por cada intersección.

Este operativo se realizó con los siguientes

equipos:

- 1 Sonómetro Integrador de Precisión 2230 B&K
con micrófono 4155 B&K.
- 1 Registrador de Niveles (Graficador) 2317 B&K.
- 1 Calibrador Acústico 4230 B&K.
- 1 Trípode.
- 1 Protector de micrófono contra viento.
- 1 Cronómetro.

El sonómetro fue colocado en el trípode, en la esquina de cada intersección a una altura de 1,20 mts., y a una distancia de 1 mt., de la vereda esquinera. El micrófono estaba dirigido hacia el centro de donde se unen las dos calles. El sonómetro fue colocado en las posiciones "FAST", "RANDOM" (para todo ángulo), "Leq" y "R.M.S.". El graficador trabajó con la velocidad de papel de 3 mm/seg., y a 1 mm/seg.

Los valores obtenidos fueron: el Nivel Continuo Equivalente de los cinco minutos ($Leq_{5min.}$), el Nivel Máximo ($L_{max.}$) y Mínimo ($L_{min.}$) de la presión sonora obtenida en ese lapso, y el registro gráfico de la variación de la presión sonora durante el mismo tiempo.

El $Leq_{5min.}$, $L_{max.}$, y el $L_{min.}$, fueron obteni-

dos directamente de la pantalla del sonómetro. El registro del histograma, es dado por el registrador de niveles que está conectado al sonómetro por medio de la señal de salida D.C.

Antes de la primera y después de la última medición se verificó si los equipos estaban calibrados.

La segunda parte, divide el sector en 6 subsectores (figura 4.1). Con los datos de la primera parte se escoge la intersección donde se obtuvieron los valores más altos del Nivel Continuo Equivalente ($L_{eq_{min}}$) de cada subsector.

Una de estas intersecciones se la descartó por falta de seguridad para los equipos. En las otras cinco intersecciones fueron donde se ubicaron los puntos de observación, representativos de cada subsector. En los puntos de observación, se registraron permanentemente los datos durante las 24 horas del día.

Los equipos con los cuales se trabajó fueron:

1 Analizador de Nivel de Ruido 4427 B&K
con micrófono 4165 B&K.

1 Calibrador Acústico 4230 B&K.

- 1 Protector de micrófono contra viento.
- 1 Linterna.
- 1 Carro.
- 1 Cronómetro.

El micrófono fue montado en el trípode y a su vez éste estaba colocado sobre el carro. El micrófono se lo situó a 2,40 mts. de altura, desde el piso de la calle. El vehículo estaba estacionado en la esquina de una de las calles con el micrófono dirigido hacia el centro de la intersección.

El operativo fue realizado por una sola persona. Los datos se los registraban cada hora. Los valores que se registraron fueron: los Porcentajes Estadísticos de $L_{0.1}$, L_{10} , L_{50} , L_{70} y L_{100} , El Nivel de Polución Sonora (NPL), el Índice de Ruido por Tráfico (TNI), el Nivel Continuo Equivalente (L_{eq}) y la temperatura.

Todos los valores de los diversos criterios registrados en el analizador, fueron obtenidos en forma acumulativa, empezando desde el momento en que se inició la operación. Para los valores del Nivel Continuo Equivalente, además de registrarse acumulativamente (L_{eq}), se pro-

gramó el analizador para que se encerrara cada hora dando el Nivel Continuo Equivalente de cada hora (Leq_1).

Todos estos valores fueron mostrados directamente en la pantalla del Analizador de Nivel de Ruido. Los datos de la temperatura fueron tomados en el Laboratorio de Energía Solar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

4.2 MEDIDAS DEL NIVEL DEL NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE
(Leq 5min) A UNA DETERMINADA HORA EN LAS INTERSECCIO-
NES DEL SECTOR.

Lunes, 15 de Agosto de 1.988

	<i>G. Avilés y Sucre</i>	<i>G. Avilés y Colón</i>	<i>Rumichaca y Colón</i>
Acera:	SE.	SO.	SE.
Mín.:	62.4 dB(A)	65.8 dB(A)	65.9 dB(A)
Máx.:	88.4 dB(A)	98.8 dB(A)	97.7 dB(A)
Leq :	72.2 dB(A)	80.5 dB(A)	78.9 dB(A)
	<i>Rumichaca y Sucre.</i>	<i>L. Garaycoa y Sucre.</i>	<i>L. Garaycoa y Colón.</i>
Acera:	SE.	SE.	SE.
Mín.:	67.0 dB(A)	71.0 dB(A)	70.8 dB(A)
Máx.:	98.9 dB(A)	101.0 dB(A)	99.3 dB(A)
Leq.:	81.1 dB(A)	80.6 dB(A)	80.2 dB(A)

Martes, 16 de Agosto de 1.988

	<i>L. Garaycoa y 9 de Octubre</i>	<i>Rumichaca y 9 de Octubre</i>	<i>G. Avilés y 9 de Octubre</i>
Acera:	NE.	NO.	NO.
Mín:	54.7 dB(A)	60.5 dB(A)	65.3 dB(A)
Máx:	90.4 dB(A)	85.1 dB(A)	88.3 dB(A)
Leq:	75.2 dB(A)	75.6 dB(A)	76.3 dB(A)

	<i>L. Garaycoa y Vélez</i>	<i>Rumichaca y Vélez</i>	<i>G. Avilés y Vélez</i>
Acera:	NE.	NO.	SE.
Mín:	62.8 dB(A)	66.6 dB(A)	61.9 dB(A)
Máx:	91.4 dB(A)	89.6 dB(A)	86.8 dB(A)
Leq:	74.9 dB(A)	77.0 dB(A)	73.8 dB(A)

Jueves, 18 de Agosto de 1.988

L. Garaycoa y *l. Garaycoa y* *Rumichaca y*
C. Ballén. *C. Ballén.* *10 de Agosto*

Acera:	NO.	NE.	NO.
Mín.:	65.1 dB(A)	65.8 dB(A)	65.9 dB(A)
Máx.:	92.3 dB(A)	88.0 dB(A)	93.4 dB(A)
Leq.:	77.4 dB(A)	76.7 dB(A)	78.4 dB(A)

Rumichaca y *G. Avilés y* *G. Avilés y*
C. Ballén. *C. Ballén.* *10 de Agosto.*

Acera:	SO.	NE.	SE.
Mín.:	67.3 dB(A)	66.0 dB(A)	62.5 dB(A)
Máx.:	92.4 dB(A)	97.5 dB(A)	91.7 dB(A)
Leq.:	76.1 dB(A)	75.8 dB(A)	75.1 dB(A)

Jueves, 18 de Agosto

	<i>Boyacá y C. Ballén.</i>	<i>Escobedo y C. Ballén.</i>	<i>Chimborazo y C. Ballén.</i>
Acera:	SO.	NE.	SE.
Mín.:	64.3 dB(A)	60.9 dB(A)	67.5 dB(A)
Máx.:	87.9 dB(A)	89.1 dB(A)	90.9 dB(A)
Leq.:	76.2 dB(A)	72.8 dB(A)	75.7 dB(A)
	<i>Chimborazo y Aguirre.</i>	<i>Escobedo y Aguirre.</i>	<i>Boyacá y Aguirre.</i>
Acera:	SE.	NO.	NO.
Mín.:	67.1 dB(A)	62.1 dB(A)	66.2 dB(A)
Máx.:	96.5 dB(A)	92.0 dB(A)	93.7 dB(A)
Leq.:	66.3 dB(A)	72.8 dB(A)	78.7 dB(A)

Martes, 23 de Agosto de 1.988

	<i>Pichincha y Colón.</i>	<i>Malecón y Colón.</i>	<i>Malecón y Sucre.</i>
Acera:	SO.	NO.	NO.
Mín.:	66.2 dB(A)	60.7 dB(A)	64.7 dB(A)
Máx.:	92.5 dB(A)	93.8 dB(A)	93.5 dB(A)
Leq.:	75.5 dB(A)	76.5 dB(A)	78.2 dB(A)

	<i>Pichincha y Sucre.</i>	<i>Pichincha y 10 de Agosto.</i>	<i>Malecón y 10 de Agosto.</i>
Acera:	NE.	SO.	SO.
Mín.:	65.5 dB(A)	67.0 dB(A)	66.1 dB(A)
Máx.:	93.5 dB(A)	94.1 dB(A)	90.7 dB(A)
Leq.:	77.1 dB(A)	77.9 dB(A)	75.6 dB(A)

Jueves, 25 de Agosto de 1988

	<i>Chile y 9 de Octubre.</i>	<i>Chile y Vélez.</i>	<i>Chile y Luque.</i>
Acera:	SO.	SO.	NO.
Mín:	68.5 dB(A)	67.2 dB(A)	68.0 dB(A)
Máx:	89.7 dB(A)	86.2 dB(A)	*100.5 dB(A)
Leq:	75.8 dB(A)	74.4 dB(A)	76.8 dB(A)

	<i>Chimborazo y Luque.</i>	<i>Chimborazo y Vélez.</i>	<i>Chimborazo y 9 de Octubre.</i>
Acera:	SO.	SE.	SE.
Mín:	66.4 dB(A)	64.4 dB(A)	68.0 dB(A)
Máx:	89.0 dB(A)	97.6 dB(A)	89.7 dB(A)
Leq	75.0 dB(A)	74.9 dB(A)	76.9 dB(A)

* Persona gritó muy cerca al micrófono.

Lunes , 5 de Septiembre de 1988.

	<i>Malecón y Aguirre.</i>	<i>Malecón y C. Ballén.</i>	<i>Pichincha y C. Ballén.</i>
Acera:	SO.	NO.	NO.
Mín:	65.6 dB(A)	62.6 dB(A)	64.8 dB(A)
Máx:	92.3 dB(A)	86.8 dB(A)	90.0 dB(A)
Leq:	75.6 dB(A)	73.4 dB(A)	73.4 dB(A)

	<i>Pedro Carbo y C. Ballén.</i>	<i>Pedro Carbo y Aguirre.</i>	<i>Pichincha y Aguirre.</i>
Acera:	SO.	NO.	NO.
Máx:	63.8 dB(A)	67.3 dB(A)	52.4 dB(A)
Mín:	86.6 dB(A)	91.4 dB(A)	91.5 dB(A)
Leq:	73.3 dB(A)	75.5 dB(A)	76.1 dB(A)

Martes, 6 de Septiembre de 1988.

	<i>Rumichaca y Luque</i>	<i>G. Avilés y Luque</i>	<i>G. Aviles y Aguirre</i>
Acera:	NO.	SE.	NO.
Mín:	67.3 dB(A)	67.0 dB(A)	64.4 dB(A)
Máx:	93.7 dB(A)	87.8 dB(A)	89.4 dB(A)
Leq:	77.7 dB(A)	74.9 dB(A)	76.3 dB(A)

	<i>Rumichaca y Aguirre.</i>	<i>L. Garaycoa y Aguirre.</i>	<i>L. Garaycoa y Luque.</i>
Acera:	SE.	NO.	SE.
Mín:	66.1 dB(A)	66.9 dB(A)	66.0 dB(A)
Máx:	90.0 dB(A)	87.4 dB(A)	86.0 dB(A)
Leq:	77.1 dB(A)	77.2 dB(A)	76.3 dB(A)

Viernes, 9 de Septiembre de 1988

	<i>Chile y C6lon.</i>	<i>Pedro Carbo y C6lon.</i>	<i>Pedro Carbo y Sucre.</i>
Acera:	NO.	NO.	NO.
Mín:	69.0 dB(A)	65.2 dB(A)	65.0 dB(A)
Máx:	88.8 dB(A)	88.2 dB(A)	85.2 dB(A)
Leq:	76.6 dB(A)	75.1 dB(A)	74.0 dB(A)

	<i>Pedro Carbo y 10 de Agosto</i>	<i>Chile y 10 de Agosto</i>	<i>Chile y Sucre</i>
Acera:	SO.	SO.	NO.
Mín:	54.0 dB(A)	62.0 dB(A)	66.1 dB(A)
Máx:	82.3 dB(A)	90.7 dB(A)	93.2 dB(A)
Leq:	71.9 dB(A)	74.3 dB(A)	77.8 dB(A)

Lunes, 12 de Septiembre de 1988.

	<i>Boyacá y 10 de Agosto</i>	<i>Chimborazo y 10 de Agosto</i>	<i>Chimborazo y Sucre</i>
Acera:	NO.	SE.	NE.
Mín:	63.6 dB(A)	66.0 dB(A)	67.0 dB(A)
Máx:	92.5 dB(A)	87.5 dB(A)	91.4 dB(A)
Leq:	76.5 dB(A)	74.0 dB(A)	76.9 dB(A)

	<i>Boyacá y Sucre</i>	<i>Boyacá y Colón</i>	<i>Chimborazo y Colón</i>
Acera:	NE.	NE.	NO.
Mín:	64.0 dB(A)	64.5 dB(A)	66.0 dB(A)
Máx:	90.0 dB(A)	91.2 dB(A)	90.0 dB(A)
Leq:	77.5 dB(A)	77.8 dB(A)	78.5 dB(A)

Miércoles, 14 de Septiembre

G. Cordova y Pedro Carbo y Pedro Carbo
9 de Octubre. 9 de Octubre. y Vélez.

Acera:	NE.	NE.	NE.
Mín:	68.8 dB(A)	68.4dB(A)	66.1 dB(A)
Máx:	91.9 dB(A)	92.2 dB(A)	94.0 dB(A)
Leq:	78.3dB(A)	74.9 dB(A)	74.7 dB(A)

Pedro Carbo y Chile y Chile y
Luque. Aguirre. C. Ballen.

Acera:	SE.	NO.	NO.
Mín:	68.0 dB(A)	69.1 dB(A)	66.8 dB(A)
Máx:	96.0 dB(A)	89.0 dB(A)	89.5 dB(A)
Leq:	76.7 dB(A)	76.3 dB(A)	75.4 dB(A)

Jueves, 15 de Septiembre de 1988.

	<i>Malecón y 9 de Octubre</i>	<i>Malecón y Elizalde</i>	<i>Malecón e Illingworth</i>
Acera:	SO.	NO.	SO.
Mín:	62.8	63.2	63.0
Máx:	92.0	98.4	88.9
Leq:	77.8	76.5	76.4

	<i>Pichincha y Illingworth</i>	<i>Pichincha y Luque</i>	<i>Pichincha y Elizalde</i>
Acera:	SE.	SO.	NE.
Mín:	67.0	64.0	68.0
Máx:	88.0	85.0	86.2
Leq:	74.4	74.6	75.5

Pichincha y 9 de Octubre

Acera	Mín	Máx	Leq
SE.	69.8 dB(A)	95.9 dB(A)	78.2 dB(A)

Lunes, 19 de Septiembre de 1988

	<i>Boyacá y 9 de Octubre.</i>	<i>Escobedo y Vélez.</i>	<i>Escobedo y Luque.</i>
Acera:	NO.	NO.	SE.
Mín:	68.4 dB(A)	66.8 dB(A)	62.2 dB(A)
Máx:	90.0 dB(A)	90.6 dB(A)	89.7 dB(A)
Leq:	77.1 dB(A)	75.4 dB(A)	74.1 dB(A)

	<i>Escobedo y Luque.</i>	<i>Boyacá y Luque.</i>	<i>Boyacá y Vélez.</i>
Acera:	SE.	SO.	SO.
Mín:	67.6 dB(A)	66.8 dB(A)	69.1 dB(A)
Máx:	91.0 dB(A)	94.0 dB(A)	89.4 dB(A)
Leq:	76.0 dB(A)	78.7 dB(A)	76.7 dB(A)

4.3 MEDIDAS DEL L_{eq} , L_{eq1} , NPL, TNI, L_{10} , L_{50} , L_{90} DE CIERTAS INTERSECCIONES REPRESENTATIVAS DEL LUGAR.

COLON Y CHIMBORAZO

Martes 15 de Noviembre de 1988

Aceras Noreste

Martes 07h00 a Miercoles 07h00

dB(A)

Horas	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13
$L_{0.1}$	93.2	92.0	93.2	93.2	92.8	93.6
L_{10}	77.8	78.4	78.4	78.2	78.2	78.2
L_{50}	72.2	72.8	73.2	73.0	73.0	72.8
L_{90}	67.9	68.0	69.0	69.0	68.8	68.6
L_{100}	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6
TNI	79.6	79.6	76.6	75.8	76.4	77.0
NPL	86.3	86.9	86.9	85.0	85.1	87.8
L_{eq}	75.5	75.7	76.1	76.0	75.8	76.1
L_{eq1}	75.5	75.9	76.7	75.1	75.3	77.5
T(°C)	20.0	20.0	22.0	23.0	26.5	28.0
BAT(V)	-	-	-	-	13.5	13.5

Horas	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
$L_{0.1}$	93.6	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4
L_{10}	78.0	78.0	77.8	77.8	77.8	77.8
L_{50}	72.6	72.6	72.4	72.4	72.6	72.6
L_{90}	68.6	68.2	68.2	68.2	68.2	68.6
L_{100}	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2
TNI	76.2	77.4	76.6	76.6	76.6	75.4
NPL	84.8	85.9	86.8	85.8	85.5	85.4
L_{eq}	75.9	75.7	75.6	75.6	75.6	75.5
L_{eq1}	74.5	74.1	74.3	75.3	75.1	75.0
T(°C)	28.0	28.0	28.0	28.0	26.0	24.0
BAT(V)	13.4	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9

COLON Y CHIMBORAZO

dB(A)						
Horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01
L _{o.1}	93.2	93.2	93.2	93.2	93.2	93.2
L ₁₀	77.8	77.6	77.6	77.4	77.2	77.0
L ₅₀	72.4	72.4	72.0	72.0	71.4	71.2
L ₉₀	68.2	67.6	67.0	66.2	64.2	61.8
L ₁₀₀	53.2	53.2	50.2	49.0	39.8	38.2
TNI	76.6	77.6	79.4	81.0	86.2	92.6
NPL	85.3	85.7	86.3	86.6	89.1	91.5
L _{eq}	75.4	75.3	75.1	74.9	74.6	74.4
L _{max1}	73.7	71.8	71.1	69.0	62.9	64.5
T(°C)	23.0	22.0	21.0	20.0	20.0	20.0
BAT(V)	12.7	13.8	14.5	13.5	12.7	11.9
Horas	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
L _{o.1}	93.2	93.2	93.2	93.0	93.0	93.0
L ₁₀	77.0	76.8	76.8	76.6	76.6	76.6
L ₅₀	71.0	70.6	70.6	70.4	70.0	70.0
L ₉₀	54.8	53.8	53.4	50.8	50.0	50.4
L ₁₀₀	35.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
TNI	102.8	116.4	117.0	124.0	126.4	124.4
NPL	93.6	96.2	96.5	97.8	98.4	98.1
L _{eq}	74.2	74.0	74.0	73.8	73.6	73.6
L _{max1}	59.2	58.1	57.8	56.5	64.3	74.1
T(°C)	20.0	20.0	19.5	19.5	19.5	19.5
BAT(V)	14.2	14.7	15.0	13.7	13.3	12.0

BOYACA Y AGUIRRE

Jueves 17 de Noviembre de 1968

Acera: Noreste

19h00 Jueves a 19h00 Viernes

dB(A)

Horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01
L _{0.1}	94.4	89.8	89.8	89.4	89.4	89.4
L ₅₀	76.4	75.8	75.0	74.6	74.6	74.2
L ₈₀	71.2	69.8	69.0	68.2	68.2	67.6
L ₉₀	66.8	64.4	63.2	61.2	61.2	59.2
L ₁₀₀	52.8	52.8	51.4	51.2	51.2	41.4
TNI	75.2	80.0	80.4	84.8	84.8	90.4
MPL	83.8	82.0	74.5	82.5	85.0	87.1
L _{eq}	74.0	72.9	72.2	71.7	71.7	71.4
L _{eq1}	74.0	71.4	70.4	69.3	69.2	63.8
T(°C)	24.0	22.0	22.0	21.5	21.0	20.5
BAT(V)	15.5	15.3	15.1	15.0	15.0	14.9

	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
	88.6	88.4	87.8	87.2	87.2	86.8
	73.8	73.2	72.8	72.4	72.2	72.0
	66.0	64.6	62.8	61.4	60.2	60.4
	52.8	50.0	48.8	48.4	48.4	48.6
	38.0	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
	108.8	112.8	115.4	114.4	113.6	112.2
	90.4	91.6	92.0	91.6	91.4	90.9
	70.5	69.9	69.3	68.9	68.9	68.7
	62.8	62.4	58.2	61.6	63.4	70.2
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	14.8	14.7	14.6	13.2	13.2	13.2

BOYACA Y AGUIRRE

dB(A)						
Horas	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13
L _{0.1}	87.0	87.6	87.6	88.2	90.4	90.4
L ₁₀	72.6	73.2	73.4	74.0	74.6	75.8
L ₅₀	61.8	63.0	64.2	65.2	66.2	67.0
L ₉₀	48.8	49.2	49.4	49.8	50.0	50.4
L ₁₀₀	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
TNI	114.0	115.2	115.4	116.6	118.4	122.0
NPL	91.6	92.5	92.8	93.9	95.1	95.5
Leq	69.1	69.8	70.1	70.7	71.6	72.0
Leq1	72.5	72.6	74.0	75.3	77.1	75.3
T(°C)	20.0	21.0	24.0	24.0	25.0	25.0
BAT(V)	13.0	12.9	12.6	13.9	15.8	14.8
Horas	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
L _{0.1}	90.6	90.8	91.0	91.0	91.6	92.4
L ₁₀	75.8	75.8	75.8	76.0	76.2	76.2
L ₅₀	67.6	68.0	68.6	68.8	69.2	69.4
L ₉₀	50.6	51.0	51.2	51.6	51.8	52.0
L ₁₀₀	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
TNI	121.4	120.2	119.6	119.2	119.4	118.8
NPL	95.8	95.7	95.9	95.9	96.2	95.5
Leq	72.3	72.5	72.7	72.9	73.2	73.5
Leq1	73.4	74.0	75.4	76.5	77.2	72.6
T(°C)	25.0	25.0	25.0	25.0	24.0	23.0
BAT(V)	12.8	11.8	10.9	15.1	14.6	10.8

PICHINCHA Y 9 DE OCTUBRE

Lunes 21 de Noviembre de 1966

Acera: Sureste Lunes 07h00 a Martes 07h00

		dB(A)					
Horas		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13
L 9 8 8 8 8 8 8 8 8	o.1	91.0	91.4	91.8	93.4	94.2	94.2
	o.2	77.0	77.2	77.2	77.4	77.4	77.4
	o.3	71.4	72.6	73.2	73.6	73.6	73.6
	o.4	66.2	67.8	69.0	69.8	70.4	70.4
	o.5	61.2	60.2	60.2	60.2	60.2	60.2
	o.6	79.4	75.4	71.8	70.2	68.4	68.4
	o.7	84.8	85.5	84.4	85.6	85.0	84.1
	o.8	74.1	74.9	75.1	75.7	75.8	75.9
	o.9	74.1	75.6	75.5	76.9	76.6	76.0
	T(°C)	22.0	22.0	24.0	28.0	31.0	34.0
Bat(V)	15.4	15.2	15.1	15.0	15.0	14.9	
Horas		13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
L 9 8 8 8 8 8 8 8 8	o.1	93.8	93.6	93.4	93.4	93.2	93.0
	o.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2
	o.3	73.4	73.2	73.2	73.2	73.2	73.2
	o.4	70.0	69.8	69.8	70.0	70.0	69.8
	o.5	60.2	58.8	58.8	58.8	57.8	57.8
	o.6	68.8	69.4	68.8	68.8	68.8	69.4
	o.7	81.7	82.2	83.5	83.3	83.3	83.4
	o.8	75.6	75.5	75.4	75.4	75.4	75.3
	o.9	73.6	74.1	75.1	75.6	75.8	74.0
	T(°C)	35.0	35.0	35.0	34.0	30.0	26.0
Bat(V)	14.9	14.8	14.7	14.3	13.3	13.2	

PICHINCHA Y 9 DE OCTUBRE

	dB(A)					
Horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01
L _{o.1}	92.8	92.8	92.8	92.4	92.0	92.0
L ₁₀	77.0	77.0	76.8	76.6	76.6	76.4
L ₅₀	73.0	72.8	72.6	72.4	72.0	72.0
L ₉₀	69.2	68.6	67.6	66.0	64.2	62.0
L ₁₀₀	54.0	52.8	50.6	50.6	49.4	48.8
TNI	70.4	72.2	74.4	78.4	83.2	89.6
MFL	83.8	84.1	84.5	85.2	86.3	87.4
Laq	75.1	74.9	74.7	74.5	74.3	74.1
Laq1	72.1	70.8	71.0	67.4	66.0	62.3
T(°C)	24.0	22.0	20.5	20.0	20.0	20.0
BAT(V)	13.1	12.9	12.7	12.1	11.2	14.4
Horas	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
L _{o.1}	92.0	91.8	91.6	91.4	91.4	91.2
L ₁₀	76.2	76.2	76.0	76.0	75.8	75.8
L ₅₀	71.6	71.2	71.0	70.6	70.2	70.0
L ₉₀	60.6	60.0	60.0	59.8	59.6	59.8
L ₁₀₀	48.8	48.6	48.6	48.6	48.6	48.6
TNI	93.0	94.8	94.0	94.6	94.4	93.8
MFL	88.1	88.7	89.0	89.4	89.4	86.7
Laq	73.8	73.6	73.4	73.3	73.1	73.0
Laq1	62.6	61.4	65.5	70.3	64.6	70.5
T(°C)	20.0	20.0	20.0	20.5	20.5	20.5
BAT(V)	15.9	16.3	16.4	15.3	14.9	13.3

SUCRE Y PICHINCHA

Lunes 23 de Noviembre de 1969

Acera: Sureste

Lunes 07:00 a Martes 07:00

		dB(A)					
Horas		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13
L _{0.1}		85.0	87.0	90.0	89.4	89.8	92.8
L ₅		72.8	73.2	73.8	74.6	74.6	74.8
L ₅₀		67.6	68.0	68.6	69.0	69.2	69.4
L ₅₀₀		63.8	64.6	65.2	65.6	65.8	66.0
L ₁₀₀₀		57.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
TNI		69.8	69.0	69.6	71.6	71.0	71.2
NPL		79.2	80.0	80.9	81.5	81.5	82.4
L ₁		70.0	70.8	71.7	72.1	72.3	73.0
L _{1.1}		70.0	71.3	73.4	73.4	72.5	75.9
T		19.5	20.0	22.0	22.0	23.0	25.0
BAT(V)		15.7	15.5	15.3	15.2	15.2	15.1
Horas		13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
L _{0.1}		92.4	92.2	92.0	92.0	91.8	91.6
L ₅		74.8	74.6	74.6	74.6	74.6	74.6
L ₅₀		69.4	69.2	69.2	69.2	69.2	69.2
L ₅₀₀		66.0	65.6	65.8	65.8	65.8	65.8
L ₁₀₀₀		54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4
TNI		71.2	71.6	71.0	71.0	71.0	71.0
NPL		82.3	82.4	82.0	81.9	81.7	81.6
L ₁		72.9	72.7	72.6	72.5	72.5	72.4
L _{1.1}		72.2	71.2	71.2	72.0	71.9	72.1
T		26.5	27.0	27.5	27.3	27.0	26.5
BAT(V)		16.4	16.6	15.5	15.7	14.9	14.7

SUCRE Y PICHINCHA

dB(A)						
Horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01
L _{0.1}	91.4	91.2	91.0	90.8	90.6	90.6
L ₁₀	74.4	74.2	74.0	74.0	73.8	73.6
L ₅₀	69.0	68.8	68.6	68.6	68.0	67.8
L ₉₀	65.4	64.8	63.6	62.4	60.2	57.2
L ₁₀₀	52.6	49.8	45.4	44.6	42.6	35.2
TNI	71.4	73.0	75.2	78.8	84.6	92.8
NPL	81.6	82.2	82.8	83.6	85.3	87.7
Leq	72.2	72.0	71.8	71.6	71.3	71.1
Leq1	68.2	67.0	65.4	64.0	61.2	57.4
T(°C)	25.5	24.5	24.0	24.0	23.0	22.0
BAT(V)	25.5	24.5	24.0	24.0	23.0	22.0
Horas	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
L _{0.1}	90.4	90.2	90.0	89.8	89.6	89.4
L ₁₀	73.4	73.2	73.2	73.0	72.8	72.8
L ₅₀	67.6	67.2	67.0	66.6	66.4	66.2
L ₉₀	54.4	52.0	50.4	49.4	49.2	49.4
L ₁₀₀	35.2	33.8	33.8	33.8	33.8	33.8
TNI	100.4	106.8	111.6	113.8	113.6	113.0
NPL	89.3	90.8	91.9	92.4	92.3	92.0
Leq	70.9	70.6	70.4	70.2	70.7	70.0
Leq1	55.5	53.9	56.3	55.9	66.1	67.2
T(°C)	22.0	21.0	21.0	20.5	20.0	20.0
BAT(V)	22.0	21.0	21.0	20.5	20.0	20.0

RUMICHACA Y 9 de OCTUBRE

Jueves 1 de Diciembre de 1988

Acera : Noreste

Jueves 08h00 a Viernes 08h00

dB(A)

Horas	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14
L _{0.1}	93.0	94.2	96.2	96.8	96.6	96.6
L ₁₀	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2
L ₅₀	72.0	72.2	72.2	72.4	72.6	72.6
L ₉₀	67.2	67.6	67.8	68.2	68.6	68.6
L ₁₀₀	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8
TNI	85.2	84.0	83.4	82.2	81.0	81.0
NPL	88.2	88.1	88.1	88.0	87.8	87.7
Leq	76.1	76.4	76.6	76.8	76.8	76.7
Leq1	76.1	76.6	77.0	77.3	76.8	76.8
T(°C)	23.0	24.0	25.4	28.5	31.0	33.0
BAT(V)	15.4	15.3	15.2	15.1	15.0	15.0

Horas	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
L _{0.1}	96.2	96.2	95.8	95.8	96.2	95.8
L ₁₀	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	78.8
L ₅₀	72.4	72.6	72.6	72.8	73.0	72.8
L ₉₀	68.2	68.6	68.6	68.8	68.8	68.8
L ₁₀₀	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8
TNI	82.2	81.0	81.0	80.4	80.4	78.8
NPL	87.7	87.6	87.3	87.4	87.1	87.0
Leq	76.7	76.6	76.6	76.7	76.7	76.6
Leq1	75.8	76.4	76.8	77.3	76.6	74.9
T(°C)	33.0	33.0	32.2	32.0	29.0	26.2

RUMICHACA Y 9 de OCTUBRE

dB(A)						
Horas	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01	01-02
L _{0.1}	95.6	95.4	95.2	95.0	94.8	94.6
L ₁₀	78.6	78.5	78.4	78.2	78.0	77.8
L ₅₀	72.8	72.6	72.4	72.2	72.0	72.0
L ₉₀	68.6	68.6	68.0	67.4	66.8	65.8
L ₁₀₀	54.8	54.8	54.4	50.0	50.0	45.4
TNI	78.6	78.6	79.6	80.6	81.6	83.8
NPL	86.7	86.7	86.5	87.1	87.5	88.1
Leq	76.5	76.3	76.1	75.9	75.8	75.6
Leq1	74.6	73.6	72.1	72.7	70.1	68.8
T(°C)	24.0	23.0	22.0	21.0	20.5	20.0
BAT(V)	13.2	13.0	12.8	12.4	11.8	15.8

Horas	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08
L _{0.1}	94.2	94.2	94.2	94.0	93.8	93.6
L ₁₀	77.6	77.6	77.4	77.2	77.0	70.6
L ₅₀	71.6	71.2	71.0	70.8	70.6	70.6
L ₉₀	64.6	63.4	62.4	61.2	60.6	60.6
L ₁₀₀	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
TNI	86.6	90.2	91.8	95.8	96.2	96.2
NPL	88.7	89.5	89.8	90.6	90.8	90.7
Leq	75.4	75.2	75.0	74.8	74.7	74.6
Leq1	67.5	66.2	67.7	63.1	68.8	72.3
T(°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
BAT(V)	16.5	15.5	16.4	15.7	15.3	15.0

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 ANALISIS DE RESULTADOS.

En la primera parte del estudio que consistió en el muestreo del valor del Nivel Continuo Equivalente, en un lapso de 5 minutos, en cada una de las intersecciones de la zona estudiada; se puede observar en la sección 4.2, que estos datos varían de un valor de Nivel Continuo Equivalente máximo de 81.1 db(A) a un valor mínimo de 71.9 db(A).

Considerando que los cinco minutos de registros de Nivel Continuo Equivalente, en el estudio, representa el valor del Nivel Continuo Equivalente de toda la hora; entonces, se dirá que las intersecciones donde se obtuvieron los máximos valores del Nivel Continuo Equivalente entre las 10h00 y las 11h00 fueron:

Rumichaca y Sucre

81.1 dB(A).

Lorenzo de Garaicoa y Sucre	80.6 dB(A).
Fco. García Avilés y Colón	80.5 dB(A).
Lorenzo de Garaicoa y Colón	80.2 dB(A).
Rumichaca y Colón	78.9 dB(A).
Boyacá y Aguirre	78.7 dB(A).
Boyacá y Luque	78.7 dB(A).
Chimborazo y Colón	78.5 dB(A).
Rumichaca y 10 de Agosto	78.4 dB(A).
Gral. Córdova y 9 de Octubre	78.3 dB(A).

y las intersecciones donde los registros del valor del Nivel Continuo Equivalente fueron bajos, son:

Pedro Carbo y 10 de Agosto	71.9 dB(A).
Fco. García Avilés y Sucre	72.2 dB(A).
Escobedo y Clemente Ballén	72.8 dB(A).
Escobedo y Aguirre	72.8 dB(A).
Pedro Carbo y Clemente Ballén	73.3 dB(A).
Malecón y Clemente Ballén	73.4 dB(A).

El principal objetivo fue el de obtener estos valores para determinar los puntos de observación, para tomar las lecturas de 24 horas; pero, se podría decir que a esta hora (10h00-11h00), los valores están altos en comparación con los valores recomendados en la tabla III del apéndice "A". En dicha tabla se establece que no se debe exceder de 65 dB(A) durante el

día. Lo dicho anteriormente verifica lo irritable que es el ruido, en dichas intersecciones, en esta hora.

En la figura 5.1 se observa como la zona muestreada, es dividida en 6 secciones. Luego de escoger los puntos donde se registraron los máximos valores entre las 10h00 a 11h00, de cada sección, se obtuvo las siguientes intersecciones:

<u>SECTOR</u>	<u>INTERSECCION</u>	<u>dB(A)</u>
4	Rumichaca y Sucre	81.1
2	Boyacá y Aguirre	78.7
5	Chimborazo y Colón	78.5
1	Gral. Córdova y 9 de Octubre	78.3
6	Malecón y Sucre	78.2
3	Rumichaca y Luque	77.7

Si bien, estas son las intersecciones donde correspondía ubicar los puntos de observación; por ciertas razones, algunos puntos tuvieron que ser reemplazados. La sección 4, que es donde se obtuvo los registros más altos, fue descartada, por razones de seguridad. Por razones semejantes, el punto de observación de la sección 3, se lo trasladó a otra intersección. Los puntos de observación de las secciones 1 y 6, se los desplazó porque en estas

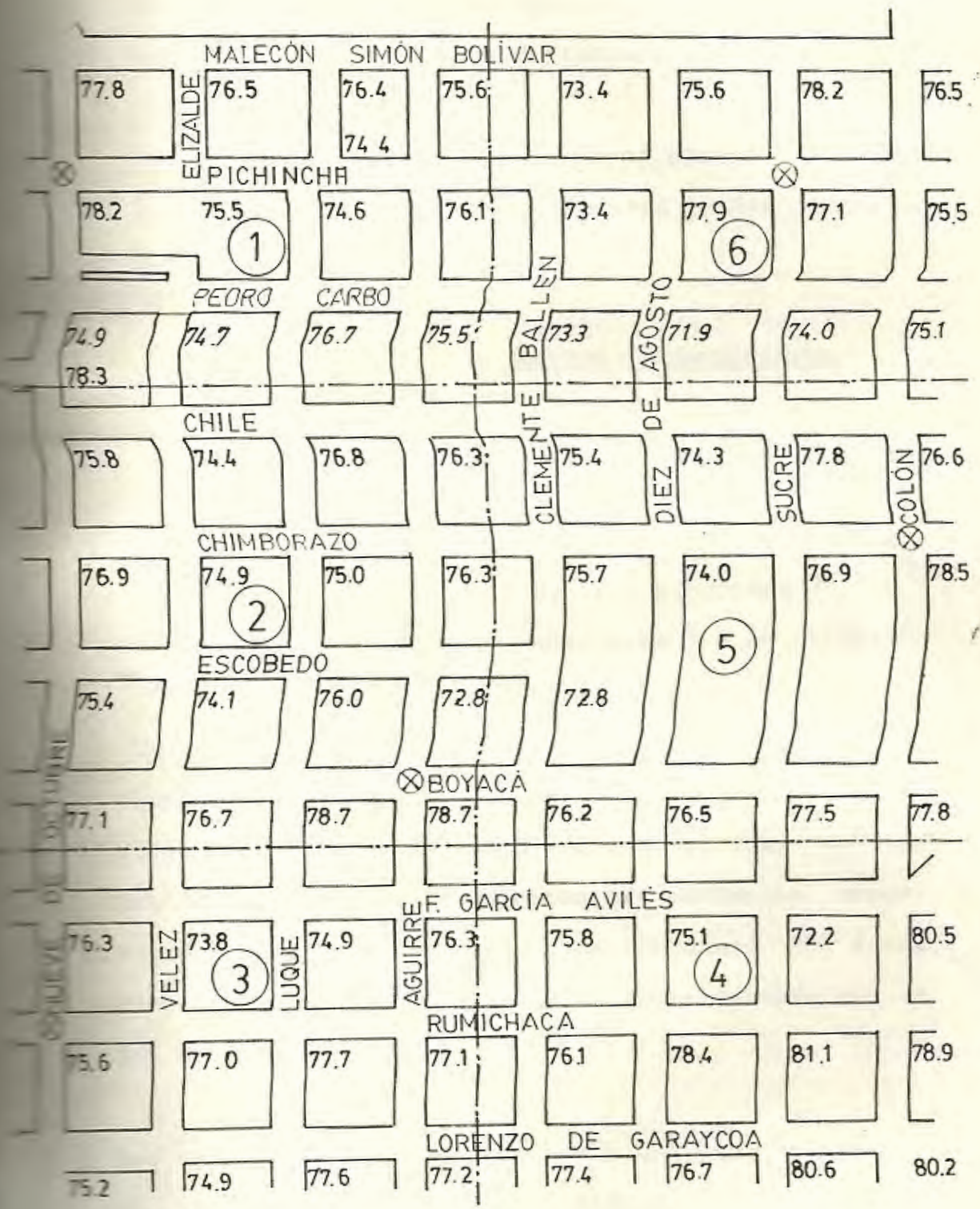


Fig. 5.1. Representación de los 6 subsectores y de los valores de $Leq(5min.)$ de cada intersección,

intersecciones, no había facilidad para estacionar el vehículo con los equipos de trabajo.

Por los motivos mencionados en el párrafo anterior, los puntos de observación quedaron en las intersecciones siguientes:

<u>SECTOR</u>	<u>PUNTOS DE OBSERVACION</u>
5	Chimborazo y Colón
2	Boyacá y Aguirre
1 ✓	Pichincha y 9 de Octubre ✓
6 ✓	Sucre y Pichincha ✓
3	Rumichaca y 9 de Octubre

Con los valores obtenidos en la segunda parte del trabajo (24 horas), se puede estudiar el comportamiento del ruido trascendido durante el día, en las intersecciones donde se ubicaron los puntos de observación; comportamiento que se analizará en forma generalizada y desde el punto de vista de cada uno de los criterios.

Los valores estadísticos de L_{10} y L_{50} , que representa el promedio de los valores pico y de los medios respectivamente, empiezan a subir en las mañanas hasta llegar a un máximo valor. Este valor máximo se

lo ubica en el horario de las 11h00 a las 14h00; luego empieza a bajar suavemente. En cambio el valor de L_{70} , que es el representativo del ruido de fondo existente, también sube en las mañanas, alcanzando su máximo valor en el mismo horario que lo logra el L_{10} y el L_{50} , con la diferencia, que el L_{70} baja un poco para nuevamente volver a subir. Este ascenso lo realiza entre las 16h00 a 19h00; de ahí empieza a bajar, alrededor de las 20h00 a 21h00.

Se puede notar en las figuras (5.3, 5.7, 5.9 y 5.11) que durante la jornada diurna (7h00-19h00), la variación de valor de L_{10} entre una hora y otra, es pequeña. Algo similar ocurre con los valores de L_{50} y L_{70} , con la diferencia que en las primeras horas de la mañana (7h00-9h00), se nota la variación existente entre una y otra hora, formando una pendiente positiva. Así mismo, se puede ver que al caer la noche las pendientes de las curvas de L_{50} y L_{70} toman una mayor inclinación. Además, la pendiente de L_{70} es mayor que la pendiente de L_{50} , y ésta a su vez, es mayor que la pendiente de L_{10} . Esto quiere decir; que el valor del ruido de fondo cae más rápido que el valor promedio de los picos, durante las noches.

Los valores del Nivel Continuo Equivalente, que es el criterio que mejor idea da de como se ha comportado

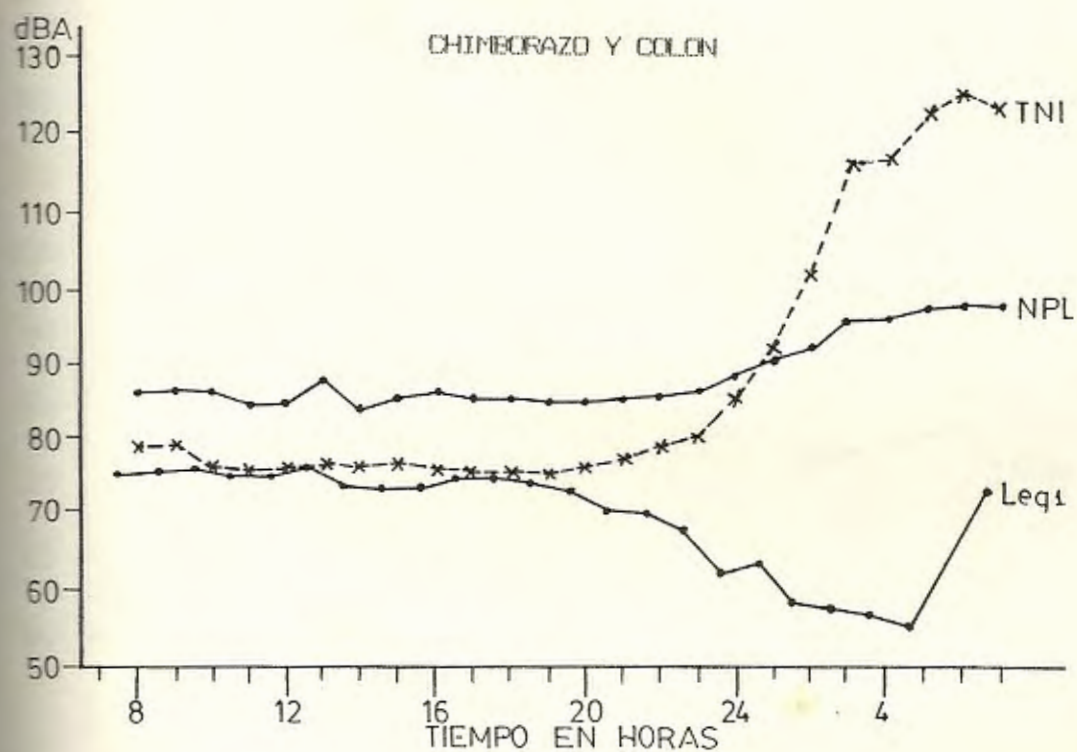


Fig. 5.2. Gráfico de los valores $Leq1$, TNI y NPL, durante las 24 horas.

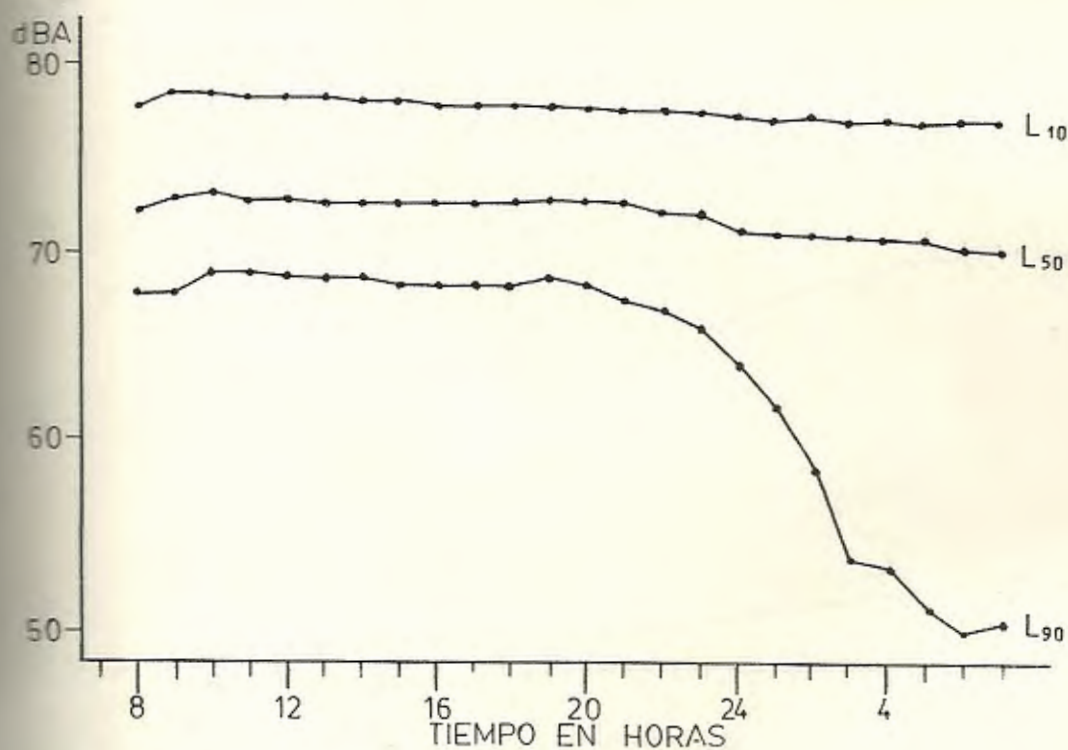


Fig. 5.3. Gráfico de los valores L_{10} , L_{50} y L_{90} , durante las 24 horas.

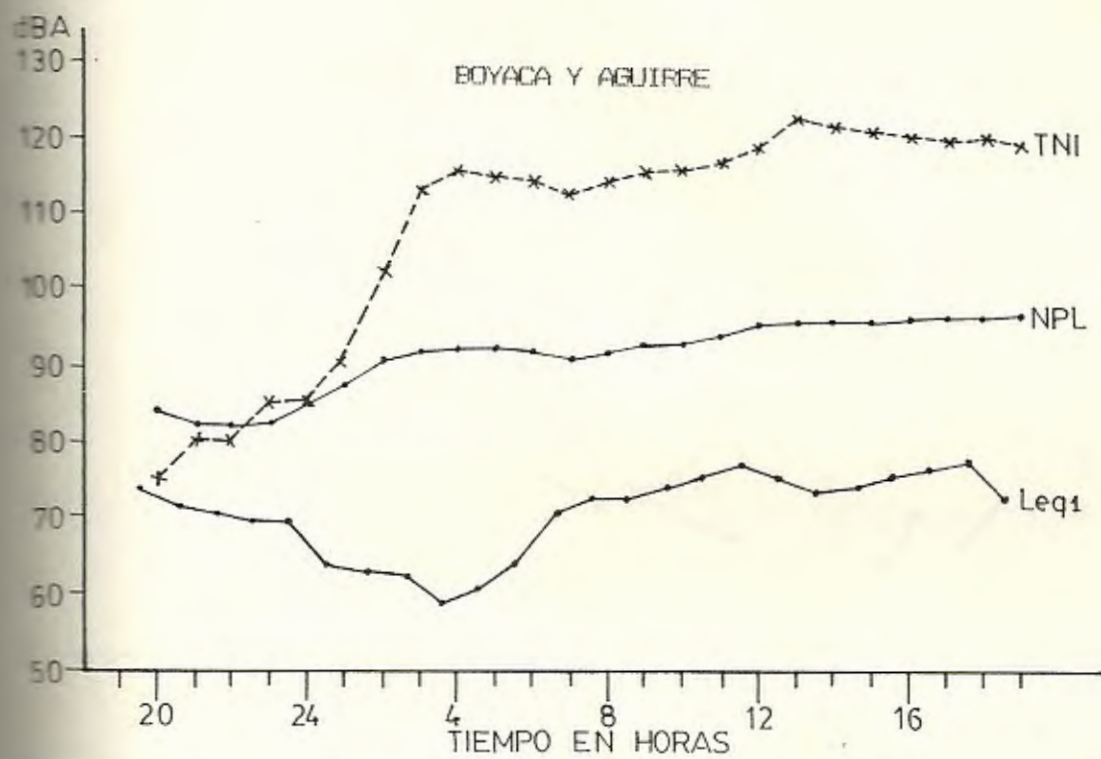


Fig. 5.4. Gráfico de los valores $Leq1$, TNI y NPL, durante las 24 horas.

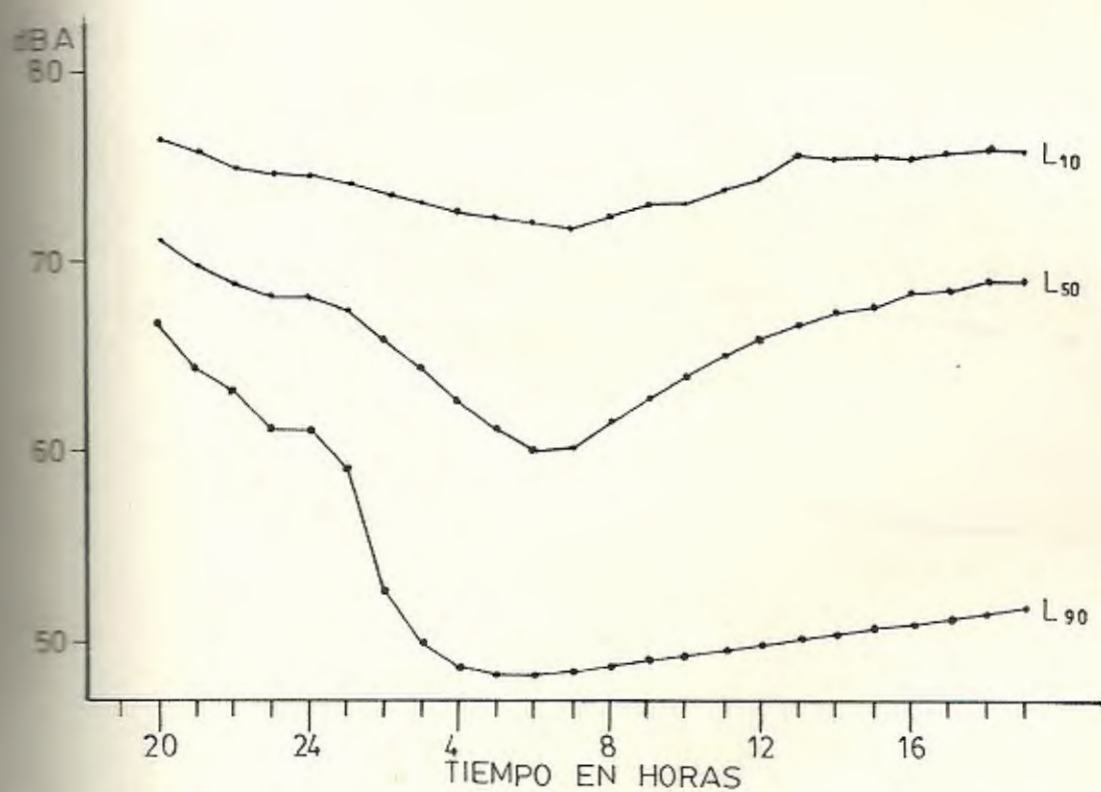


Fig. 5.5. Gráfico de los valores L_{10} , L_{50} y L_{90} , durante las 24 horas.

PICHINCHA Y 9 DE OCTUBRE

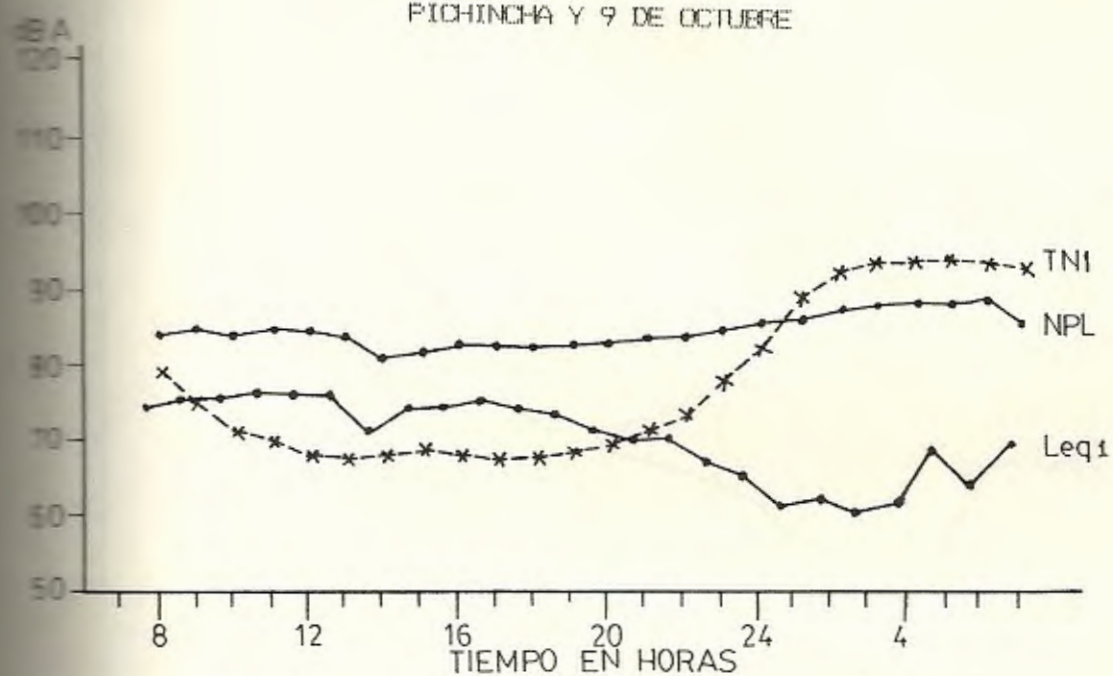


Fig. 5.6. Gráfico de los valores $Leq1$, TNI y NPL, durante las 24 horas.

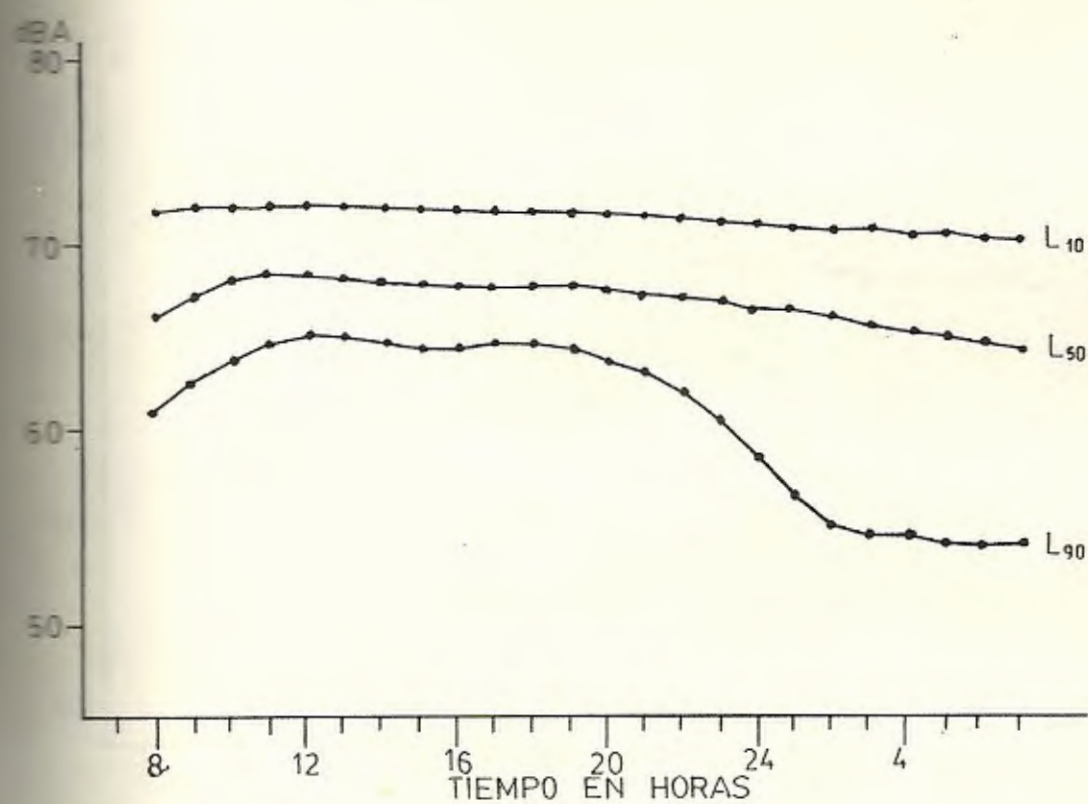


Fig. 5.7. Gráfico de los valores L_{10} , L_{50} y L_{90} , durante las 24 horas.

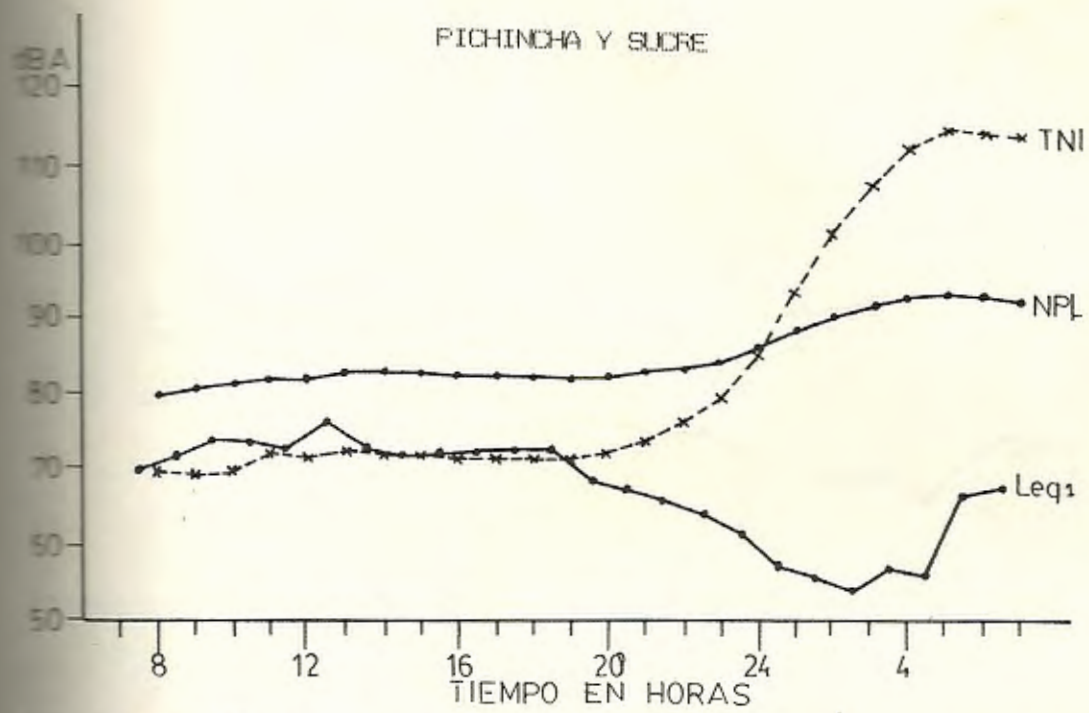


Fig. 5.8. Gráfico de los valores $Leq1$, TNI y NPL, durante las 24 horas.

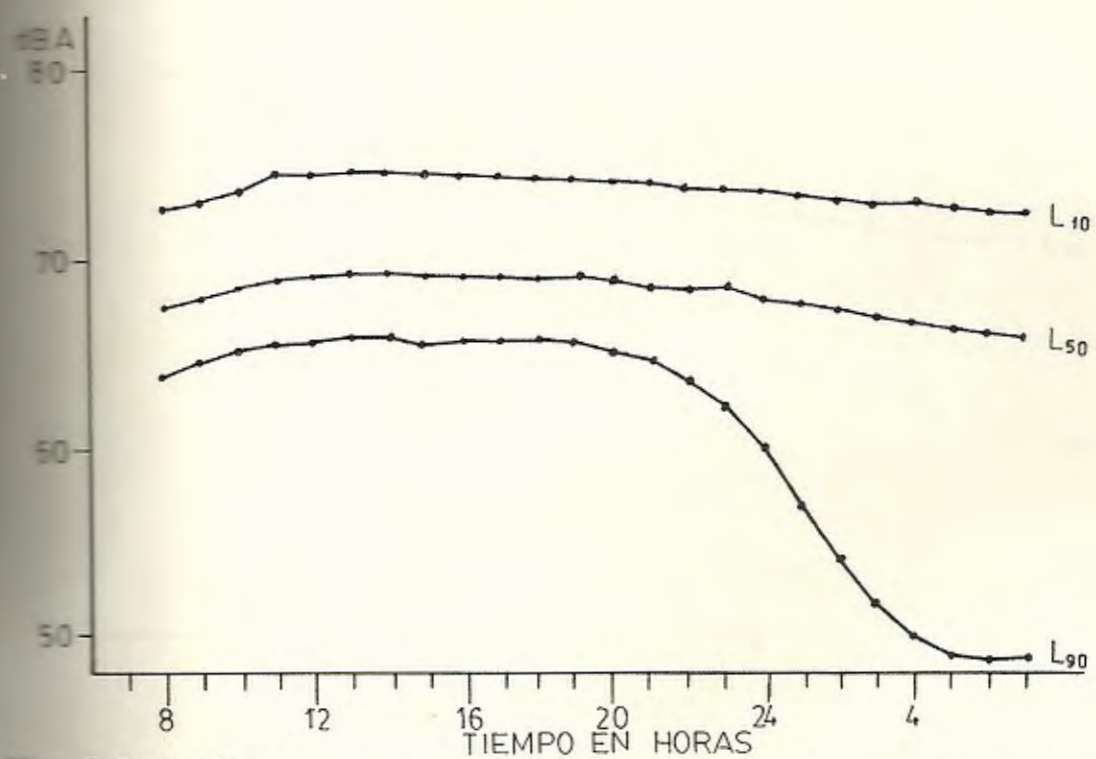


Fig. 5.9. Gráfico de los valores L_{10} , L_{50} y L_{90} , durante las 24 horas.

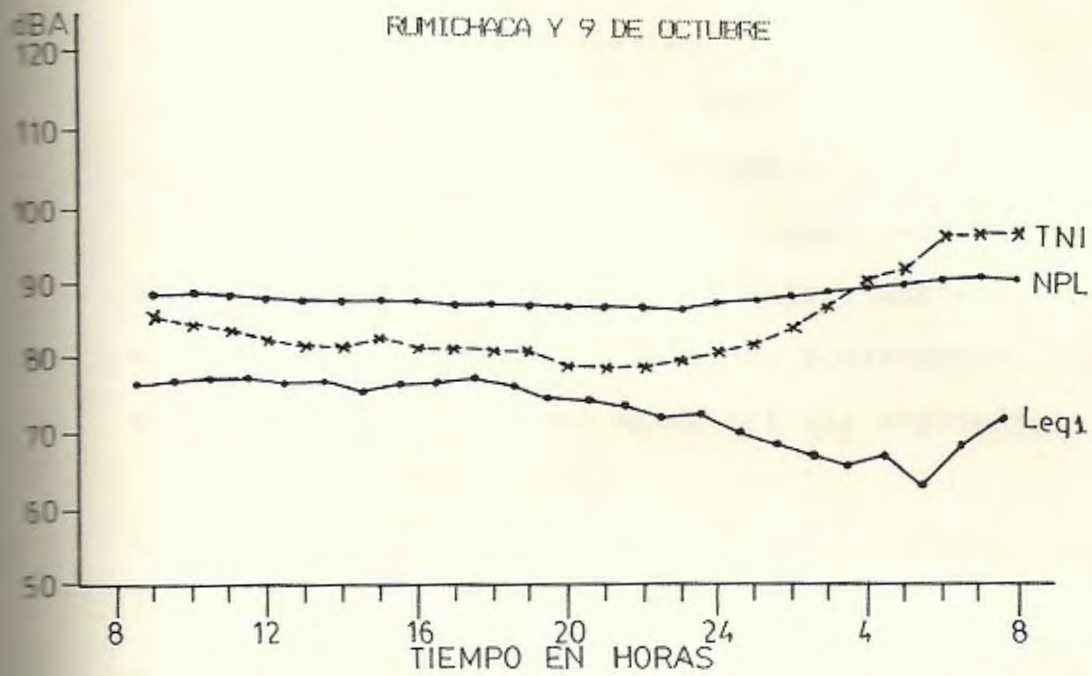


Fig. 5.10. Gráfico de los valores $Leq1$, TNI y NPL durante las 24 horas.

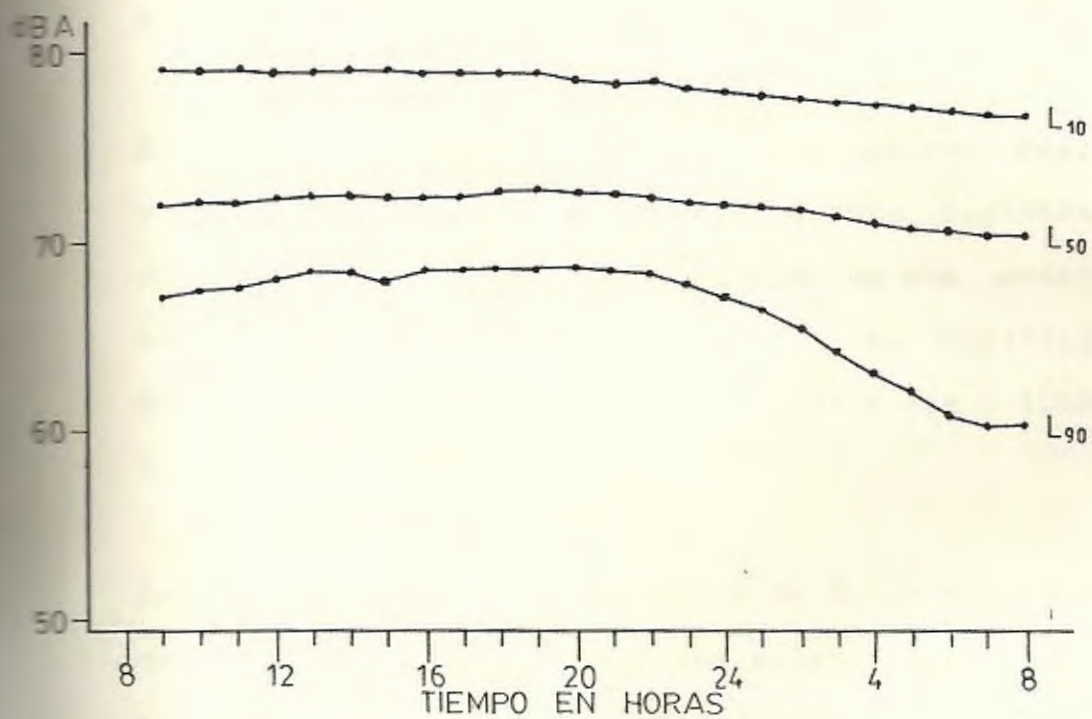


Fig. 5.11. Gráfico de los valores L_{10} , L_{50} y L_{90} durante las 24 horas.

el ruido durante ese día (por que lo ve desde el punto de vista energético), empiezan a subir levemente hasta lograr un valor máximo entre las 11h00 y 13h00, para bajar 1 o 2 horas. Luego otra vez suben hasta 16h00 a 19h00 y vuelven a bajar, hasta alcanzar el mínimo valor del Nivel Continuo Equivalente, valor que lo alcanza en la madrugada del día siguiente.

Las horas picos, que son las horas en las que existen la mayor cantidad de niveles altos de presión sonora, se las encuentran en la mayoría de las intersecciones, alrededor de las 11h00 y las 13h00 en las mañanas y de las 16h00 y 19h00 en las tardes. A estas horas es donde se encuentran los mayores valores del Nivel Continuo Equivalente.

En la tabla VI se han recopilado los valores máximos y mínimos del Nivel Continuo Equivalente, registrados durante las 24 horas, donde se observa que generalmente el máximo valor del Nivel Continuo Equivalente de toda la jornada, se ubica al medio día (11h00 a 13h00).

En cuanto al criterio del Indice de Ruido por Tráfico que es el que indica si existen molestias producidas por la variación de los niveles de ruido; se observa en la sección 4.2, que estos valores se comportaron

TABLA VI

Valores Máximos y Mínimos del Nivel Continuo Equivalente Obtenidos en Cada Hora, en las 24 Horas de Registro.

<u>INTERSECCIONES</u>	<u>MAXIMO</u>	<u>HORA</u>	<u>MINIMO</u>	<u>HORA</u>
Colón y Chimborazo	77.5	12-13	56.5	4-5
Rumichaca y 9 de Octubre	77.3	11-12	63.1	5-6
"	77.3	17-18		
Boyacá y Aguirre	77.2	17-18	58.2	3-4
Pichincha y 9 de Octubre	76.9	10-11	61.4	2-3
Sucre y Pichincha	75.9	12-13	53.9	2-3

en forma desigual en las distintas intersecciones durante el día. La variación del Índice de Ruido por Tráfico en el día, no es tan grande como la que se obtuvo en la noche. Las figuras (5.2, 5.4, 5.6, 5.8 y 5.10) muestran que los valores del TNI van ascendiendo conforme cae la noche. Esto se debe a que el ruido de fondo en el día es alto, y al obtenerse la diferencia ($L_{10} - L_{70}$), ésta no es tan grande como el valor de la diferencia que se obtiene en la noche. Esta diferencia ($L_{10} - L_{70}$), va creciendo conforme anochece, porque el ruido de fondo cae más rápida-

mente que el promedio de los valores picos. En las figuras (5.3,5.5,5.7,5.9,5.11) se pueden observar las diferencias que se van obteniendo durante el día, entre los valores del L_{10} , que representa el promedio de los valores picos y el L_{70} , que representa el ruido de fondo. Al usar la ecuación del Índice de Ruido por Tráfico, con los valores registrados (sección 4.3), $TNI = 4(L_{10} - L_{70}) + L_{70} - 30$, puede apreciarse que la diferencia de $L_{10} - L_{70}$ al multiplicarse por 4, asciende una mayor cantidad en decibeles, que la que desciende el valor de L_{70} .

Por último, al analizar el histograma del ruido desde el punto de vista del criterio de Nivel de Polución Sonora (NPL) muestra: que se ha comportado de manera distinta durante el día, en las diferentes intersecciones estudiadas y que en la noche los valores van ascendiendo paulatinamente. Si nos referimos a su fórmula matemática $NPL = Leq + k\sigma$, de los datos experimentales se observa que el término que representa por fluctuación $k\sigma$, es cada vez mayor mientras va entrando la noche y que aunque el término del Nivel Continuo Equivalente Leq , se va haciendo menor, la suma de los dos términos es cada vez un poco mayor.

En la tabla III del apéndice "A", se ha citado una de las regulaciones existentes en otros países para los niveles máximos tolerables de Presión Sonora en ciudades. La norma establece que el nivel de presión no debe exceder de un máximo de 65 dB(A) durante el día y de 55 dB(A) durante la noche. En este estudio, no se puede usar esta tabla con seguridad puesto que no se han registrado valores de presión sonora, por la pobre correlación entre el nivel de presión sonora y la respuesta subjetiva humana. Pero, debido a que los valores del Nivel Continuo Equivalente de cada hora durante el día y la noche, en su mayoría, son mucho mayores a 65 y 55 dB(A) respectivamente se podría decir; que el nivel de presión sonora ha excedido su límite máximo, tanto en el día como en la noche.

Para analizar el objetivo principal del estudio, se han recopilado en la tabla VII, los valores de Leq, TNI y NPL, registrados en las 24 horas. Los que se tiene que comparar con los índices de severidad obtenidos en otros países.

En los valores del Nivel Continuo Equivalente de las 24 horas, se puede notar que sobrepasan el índice de severidad de 70 dB(A) recomendado por la E.P.A.,

tabla III. Esto indica que puede haber un riesgo de pérdida de audición para personas expuestas alrededor de un período de 40 años a este nivel de presión sonora.

TABLA VII

Valores de Leq, TNI y NPL registrados en las 24 horas.

<u>PUNTOS DE OBSERVACION</u>	<u>Leq</u>	<u>TNI</u>	<u>NPL</u>
	dB(A)	dB(A)	dB(A)
Rumichaca y 9 de Octubre	74.6	96.2	90.7
Colón y Chimborazo	73.6	124.4	98.1
Boyacá y Aguirre	73.5	118.8	95.5
Pichincha y 9 de Octubre	73.0	93.8	86.7
Sucre y Pichincha	70.0	113.0	92.0

Los valores de Índice de Ruido por Tráfico TNI, de cada punto de observación (registro de las 24 horas), se los presenta en la tabla VII. Si se comparan con los índices de severidad de la figura 3.1, propuesta por W. Scholes(10), que recomienda que los valores de TNI no deben exceder de 74 dB(A); se encuentra que los valores, están excesivamente altos. Esto

significa, que en estas intersecciones el ruido es altamente irritable, debido principalmente a la fluctuación del Nivel de Presión Sonora.

Los valores de Polución Sonora NPL, registrados las 24 horas se los encuentra en la tabla VII. En la tabla se observa que estos valores se encuentran bastantes altos en comparación con los índices de severidad propuestos por el H.U.D. (tabla V). El máximo valor recomendado por el H.U.D., para el NPL, durante 24 horas, no debe exceder de 74 dB(A), para que no exista molestia. Esto estaría, en cierta forma, corroborando las conclusiones obtenidas para el TNI y el Leq.

Los altos valores adquiridos en los diversos criterios de ruido se deben a:

- Que el Nivel de Presión Sonora, a la salida del tubo de escape en la mayoría de los vehículos tiene un valor muy elevado.
- El indiscriminado uso del pito, frenos (en especial los neumaticos), y al mal uso de las sirenas y alarmas.

- Que frecuentemente y por lo general en las noches circulan dentro del sector los carros tanqueros que transportan agua a los distintos hoteles. De la misma manera, muchos vehículos de transporte de carga entran al sector.

- Que en algunos edificios se encuentran máquinas, centrales de aire, generadores de corriente, etc., que no son debidamente aislados contra el ruido.

En la mayoría de los puntos donde se obtuvieron los más altos valores de Leq (5 min.), fueron en las intersecciones por donde circulan los carros de transportación urbana.

Finalmente se observa en los datos de la sección 4.3 que la mayoría de los valores registrados en el primer estudio están aproximadamente en el mismo orden de magnitud, en comparación con los valores de Leq (5 min.) registrados en las intersecciones donde se ubicaron los 5 puntos de observación. Además, los valores de Leq, TNI y NPL, de las 24 horas de registros, están bastante altos, por lo que se podría decir; que la mayoría de las intersecciones del sector se encuentran sobre o por el límite de los índices de severidad de cada uno de los criterios estudiados.

las personas que habitan en los puntos de observación, están propensas en perder un número determinado de decibeles en ponderación "A" de la capacidad auditiva, en un promedio de 40 años. Además, estos altos valores del Nivel Continuo Equivalente, pueden estar ocasionando daño psicológico en estas personas.

- Los altos niveles de presión están afectando a la economía pública debido a que las personas son molestadas por el ruido que se encuentran en el ambiente; no dejando que éstas desarrollen sus tareas en sus puestos de trabajo o estudio.
- Además de las molestias que existen por el alto promedio de la energía media (Leq), las personas están siendo fuertemente irritadas por la continua fluctuación del ruido. Esta fluctuación es ocasionada principalmente por el mal uso de las bocinas, frenos (especialmente los neumáticos) y silenciadores en mal estado.
- La mayoría de los automotores que circulan en la ciudad, emiten elevados niveles de presión sonora, por el uso equivocado de silenciadores, para un determinado vehículo. En Guayaquil no existe una ley que establezca el número máximo en decibeles,

que debe emitir un automotor, de acuerdo a su peso o a su cilindraje .

- Los niveles de presión sonora en Guayaquil no sólo son producidos por el tráfico vehicular, sino que existen otras fuentes que contribuyen a elevar el nivel de ruido ambiental. Así tenemos: el paso no reglamentado de los aviones por zonas residenciales, pitos de barcos, alto parlantes, casas disqueras, bares con los parlantes en alto volumen, etc.

- La falta de agua en los hoteles y otros edificios centrales, obliga a la movilización de carros tanqueros para el abastecimiento de agua. Esta movilización ocurre frecuentemente tanto en el día como en la noche por el centro de la ciudad. Además ya que Guayaquil es una ciudad comercial llegan a ésta, camiones de transporte procedentes de las distintas regiones del país.

- El mal control y la falta de ciertas regulaciones de tránsito ayudan directa e indirectamente a la elevación de la amplitud de los niveles de presión sonora.

- Al parecer, los habitantes de la ciudad de Guaya-

quil no conocen los problemas que producen los altos niveles de ruido; y si lo saben, lo ignoran. No hay organismos que regulen los niveles de presión cuantitativamente en Guayaquil.

- Por lo anteriormente expuesto, se considera que Guayaquil requiere un exhaustivo estudio de la contaminación ambiental por ruido, en toda la ciudad. Los resultados de un estudio de este tipo, proporcionará información necesaria para la futura planificación de la ciudad.

- Esta ciudad, necesita indispensablemente de un organismo que disponga regulaciones y que haga cumplir regulaciones para control del ruido urbano. Si no se toman inmediatamente las acciones necesarias para atender este problema, en el futuro éste será peor. Las soluciones serán más difíciles y costosas de ejecutar. Será probablemente muy tarde porque muchas personas se encontrarán afectadas.

6.2 RECOMENDACIONES.

Bajar la intensidad de ruido ambiental en una ciudad, es posible hasta un cierto límite, luego de esto, es

muy difícil o su costo es muy elevado.

Como ya se dijo anteriormente, el ruido que se genera en el casco comercial, como en la mayor parte del sector urbano de la ciudad, se debe al tráfico urbano. Por lo que la Comisión de Tránsito del Guayas tiene que tomar medidas inmediatas, emitiendo nuevas regulaciones y haciendo respetar con más rigor las que tienen, con el objetivo de reducir el nivel de ruido en el sector urbano de la ciudad.

Debido a que en nuestro país no se han realizado estudios sobre las molestias y daños que causa el elevado nivel de presión sonora, es necesario que adoptemos normas de otros países que se encuentran más adelantados en esta materia. En la tabla I del apéndice "A", se muestra las regulaciones que existen en Europa y en los Estados Unidos de Norte America. En estas tablas se citan los niveles máximos de presión sonora que puede producir un automotor, dependiendo de su peso o potencia del motor. Así por ejemplo, la Comunidad Económica Europea recomienda un máximo de 84 dB para los automóviles, mientras que en los E.E.E.U.U se recomiendan 75 dB, pero con la diferencia de que los Europeos miden a 7.5 mts., de distancia del automóvil y los E.E.U.U. a 50 mts. Para los carros pesados de 3.5 toneladas con motor

mayor de 200 H.P. recomiendan 92 dB(A) y 75dB(A) respectivamente. Aunque estas regulaciones no son las óptimas para conservar la tranquilidad de las personas, pero es lo mejor que puede correlacionar entre la salud humana y la economía.

Se debe censurar fuértemente a los conductores que hagan mal uso de las bocinas, es decir, a aquellos que lo usen para llamar la atención a alguna persona, cuando el tráfico esté pesado, al paso de alguna intersección, etc. Pues en nuestro medio se tiene generalmente la costumbre de usar la bocina para ésto. Además, los carros pesados, como los buses o camiones, poseen bocinas con una gran potencia sonora, por lo que hay que tratar que dentro de la ciudad, usen bocinas de menor potencia.

Se debe exigir a los carros de transporte masivo urbano, que para coger o dejar pasajeros, sólo paren en los sitios preestablecidos como paradero y no en cualquier lugar. Hay que buscar la manera de controlar al mal conductor, porque cuando los conductores están apurados, aceleran y frenan a cada momento, ocasionando una gran molestia con el ruido de los frenos.

Hay que evitar, que los vehículos se parqueen en las

principales vías que conducen a través de la ciudad, para que el tráfico pueda estar más descongestionado. Esto hace que el nivel de ruido disminuya o que circulen un mayor número de vehículos, ayudando a descongestionar las otras calles.

Se debe incrementar el número de semáforos peatonales, y que trabajen como tales, para obligar al peatón a que cruce las calles únicamente por la zona peatonal y cuando le sea permitido. El cruce del peatón por cualquier lugar de la calle, ocasiona que ciertos conductores toquen las bocinas, frenen bruscamente o interrumpan el tráfico. Todos estos factores producen un alza en el nivel de la presión sonora.

Se debe concientizar al ciudadano por medio de seminarios, centros de educación o por cualquier órgano de difusión, del daño que se está produciendo, por el elevado nivel del ruido que se está generando en la ciudad. Esta concientización motivará a los ciudadanos a no producir niveles inadecuados de ruido.

La construcción de pasos a desnivel, túneles y grandes avenidas ayudarán al descongestionamiento del tráfico y por ende bajará el nivel de ruido. Así

también, el uso de algún otro tipo de transportación masiva, producirá una disminución de los niveles de ruido.

Tanto el aeropuerto, como las industrias con maquinarias que poseen elevadas potencias sonoras, deben ser enviados fuera del sector urbano y evitar que se construyan viviendas a sus alrededores.

Adiestrar a personal adecuado para que trabajen en el area de control de ruido. En el Ecuador no existen muchas personas que se dediquen a Ingeniería de Ruido. El gobierno debe contar con un departamento de personas especializadas, de quienes se debe tomar muy en cuenta sus opiniones, para las nuevas innovaciones o planificaciones de la futura ciudad.

Al realizar un estudio de toda la ciudad, se podría utilizar la metodología usada en la ciudad de Londres(9), dividiendo el plano de la ciudad de Guayaquil en cuadrículas. Donde caen los puntos de las cuadrículas será el punto de observación, sin importar que caiga en una esquina o en la mitad de la cuadra. Si algunos de estos puntos caen en lugares donde, por algún motivo, no se pueden colocar los puntos de observación, estos puntos se los desplazarán o simplemente se los eliminarán.

La distancia de las cuadrículas, dependerá principalmente de la parte económica y del número de equipos con el que se disponga. Una alternativa razonable puede ser una distancia de 400 a 600 mts., por cuadrícula. Se puede utilizar el mismo tipo de analizador de niveles de ruido que se usó en este estudio, o trabajar con grabadoras especiales para registros de ruido. Hay que contar con los vehículos adecuados para instalar los instrumentos en los puntos de observación.

BOEYAS INTERMEDIAS PARA MOTORES DE MOTOR Y MOTOR DE VELA
DE LOS ANTIENOS

TIPO DE MOTOR: S.E.E. S.E.M. S.E.

APENDICES

INTERMEDIAS

Con motor de dos cilindros
y cilindros de

Motor de 50 cc.	71	77
de 75 cc.	72	82
de 125 cc.	73	88

Con motor de cuatro
y cilindros de

50 x 125 cc.	74	75
125 x 150 cc.	84	75
sobre 150 cc.	88	75

INTERMEDIAS

Con motor de dos cilindros
de 50 cc.

71	77
----	----

<u>TIPO DE VEHICULO</u>	<u>E.E.C.</u>	<u>E.E.U.U.</u>	<u>U.K.</u>
<u>AUTOMOVILES.</u>			
Cualquier motor y cilindraje	84	75	84
<u>CAMIONES.</u>			
Menores a 3.5 toneladas	85	75	85
de 3.5 a 12 toneladas	89	75	89
mas de 12 toneladas y con motor de 200 HP.	89	75	89
mas de 12 toneladas y con motor mayor a 200 HP.	92	75	92
<u>BUSES.</u>			
Menores a 3.5 toneladas	85	75	
mayores a 3.5 toneladas con motor mayor a 200 HP.	89	75	
mayores a 3.5 toneladas con motor mayor a 200 HP.	92	75	

Las normas de la Comunidad Económica Europea (E.E.C.) y las del Reino Unido (U.K.) establece que el micrófono debe estar colocado a una distancia de 7.5 metros de la fuente sonora, mientras que las normas para los E.E.U.U., establece que el micrófono debe ser colocado a 50 pies de la fuente sonora. Todas estas normas están dadas en decibeles "A".

Los límites máximos permitidos para los niveles de presión sonora que se puede emitir en los diferentes sectores es un poco diferente en cada estado. A continuación se cita las regulaciones emitidas en dos diferentes estados.

T A B L A A-II

LIMITES MAXIMOS DISPONIBLES EN DECIBELES "A" USADOS EN LA REGION VIII DE LOS E.E.U.U.,(13).

<i>SECTOR</i>	<i>DIA</i>	<i>NOCHE</i>
Residencial	55	50
Comercial	65	55
Industrial ligero	70	60
Industrial pesado	80	70

T A B L A A-III

LIMITES MAXIMOS DISPONIBLES EN DECIBELES "A" USADOS EN
GAINESVILLE, FLORIDA(12).

ZONA	DIA	NOCHE
Residencial	61	55
Comercial	66	60
Industrial	71	65

No debe exeder estos niveles por mas de 3 minutos en un
periodo de 60 minutos

APENDICE B

ATTENUATION OF SOUND IN AIR

3-3

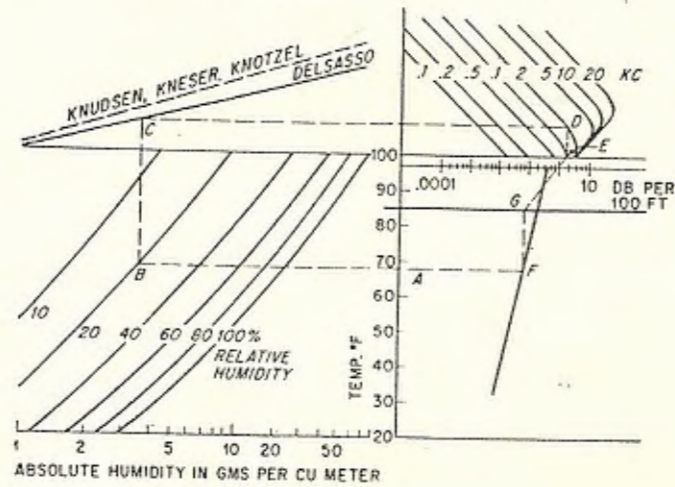


Fig. B-1. Nomograma para obtener el coeficiente de la atenuación del sonido dependiente de la humedad relativa y de la temperatura.

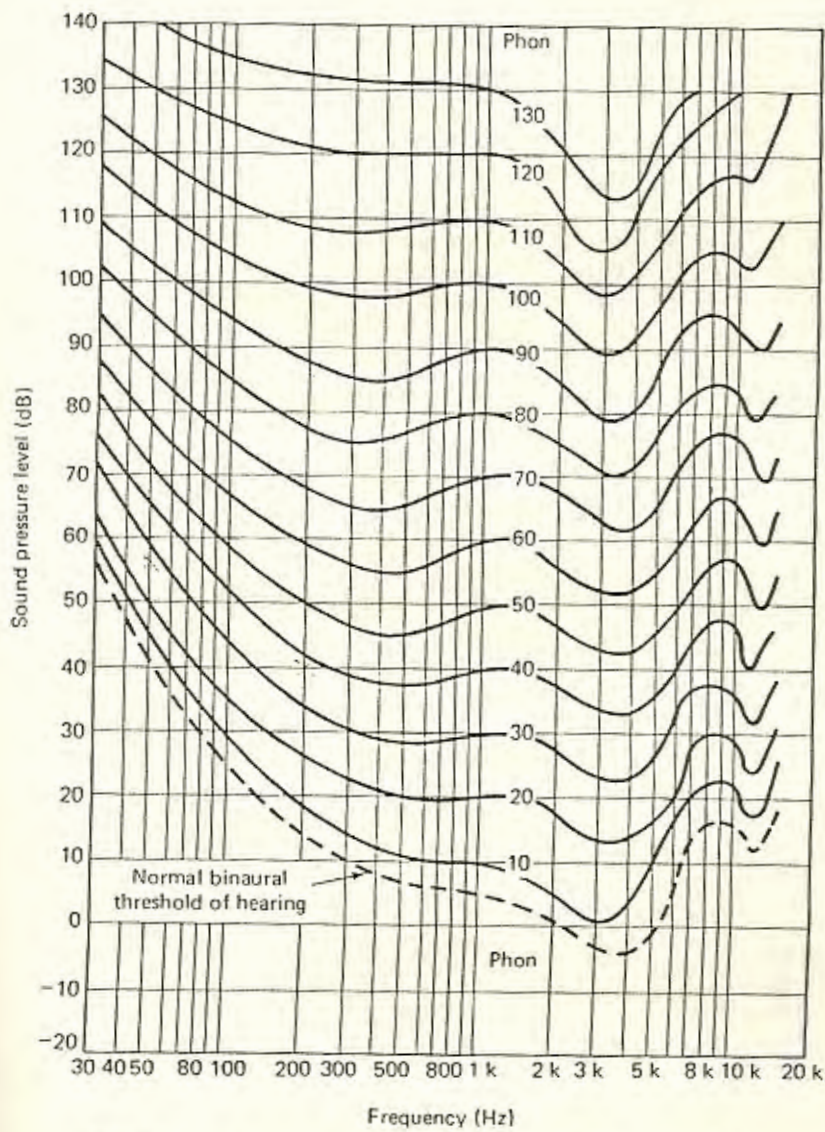


FIGURE 2.2 Equal-loudness contours for free-field binaural listening

Fig. B-2. Curvas de igual contorno de audición en las diferentes frecuencias.

TABLE 2.2

Sound level conversion chart from flat response to A, B, and C weightings

Frequency (Hz)	A weighting (dB)	B weighting (dB)	C weighting (dB)
10	-70.4	-38.2	-14.3
12.5	-63.4	-33.2	-11.2
16	-56.7	-28.5	-8.5
20	-50.5	-24.2	-6.2
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.0
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1,000	0	0	0
1,250	+0.6	0	0
1,600	+1.0	0	-0.1
2,000	+1.2	-0.1	-0.2
2,500	+1.3	-0.2	-0.3
3,150	+1.2	-0.4	-0.5
4,000	+1.0	-0.7	-0.8
5,000	+0.5	-1.2	-1.3
6,300	-0.1	-1.9	-2.0
8,000	-1.1	-2.9	-3.0
10,000	-2.5	-4.3	-4.4
12,500	-4.3	-6.1	-6.2
16,000	-6.6	-8.4	-8.5
20,000	-9.3	-11.1	-11.2

Fig. B-3. Tabla de conversión de niveles de presión sonora lineal a niveles en ponderación A, B, y C.

APENDICE C

REGISTRO DE LOS HISTOGRAMAS DE LOS NIVELES DE PRESION SONORA.

Los histogramas de los niveles de presión sonora que se presentan a continuación, se los registraron con el Graficador de Niveles 2317 B & K y con el Sonómetro Integrador de Precisión 2230 B & K, durante 5 minutos, en cada una de las intersecciones del sector de estudio.

Los primeros histogramas fueron registrados a una velocidad de papel de 3 mm/seg., mientras que los otros histogramas fueron registrados a una velocidad de papel de 1 mm/seg.

El rango de la escala del papel de registro se lo seleccionó en 50 dB(A) como mínimo y 100 dB(A) como máximo, mientras que el sonómetro trabajó en un rango dinámico de 80 a 100 dB.

Brüel & Kjør

Brüel &

[Handwritten notes in cursive script, mostly illegible]

QP 0102

QP 010

Brüel & Kjør

[Handwritten notes in cursive script, mostly illegible]

QP 0102

Fco. García Avilés y Sucre

Fco. García Avilés y Colón

Brüel & Kjær



Rumichaca y Colón

QP 0102

Brüel & Kjær



Rumichaca y Sucre

QP 0102

Brüel &

QP 0102

Brüel & Kjær



QP 0102

Brüel & Kjær




QP 0102

Lorenzo de Garaicoa y Sucre


Lorenzo de Garaicoa y Colón

Brüel & Kjær




QP 0102

Lorenzo de Garaicoa y Clemente Ballén



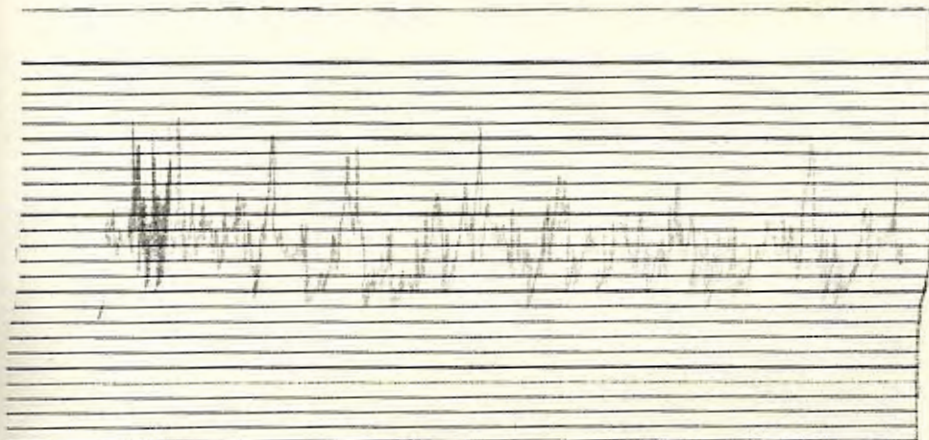
Lorenzo de Garaicoa y 10 de Agosto.

Brüel & Kjær



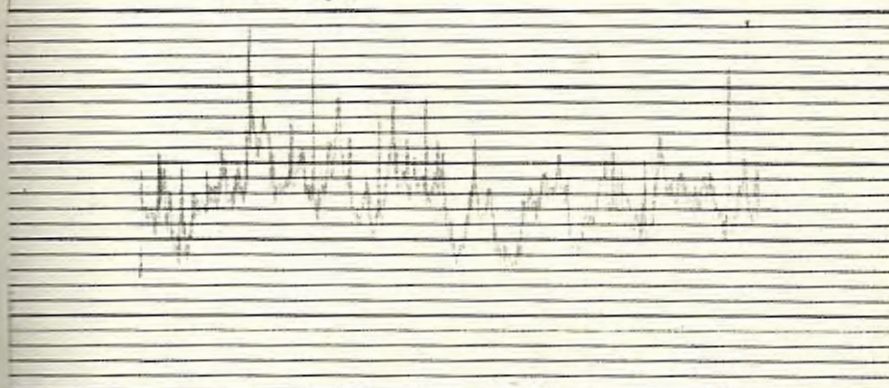
QP 0102

Rumichaca y 10 de Agosto.



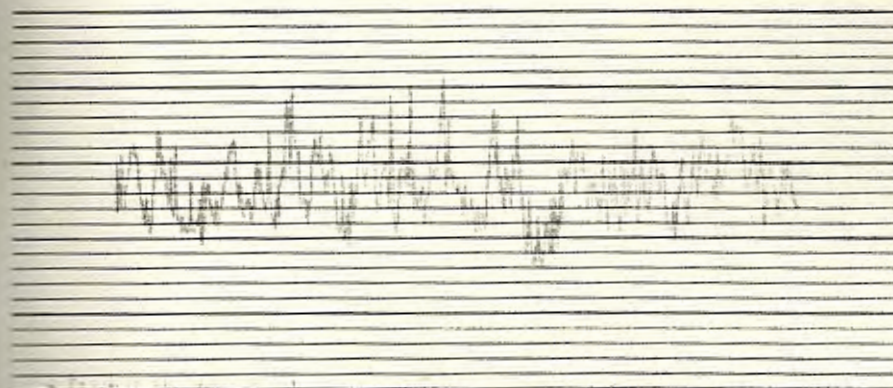
Rumichaca y Clemente Ballén

Brüel & Kjær



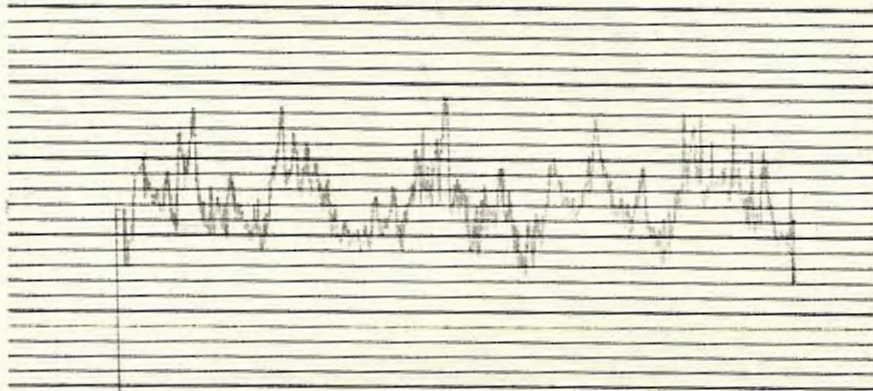
OP 0102

Fco. García Avilés y Clemente Ballén.



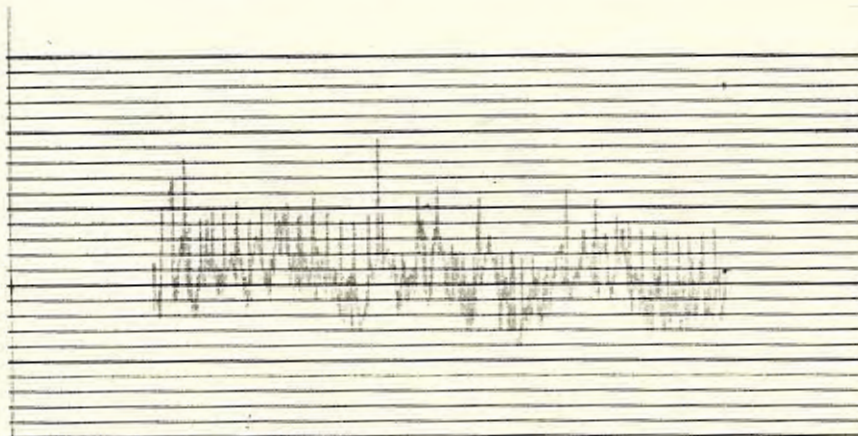
Fco García Avilés y 10 de Agosto.

Brüel & Kjær



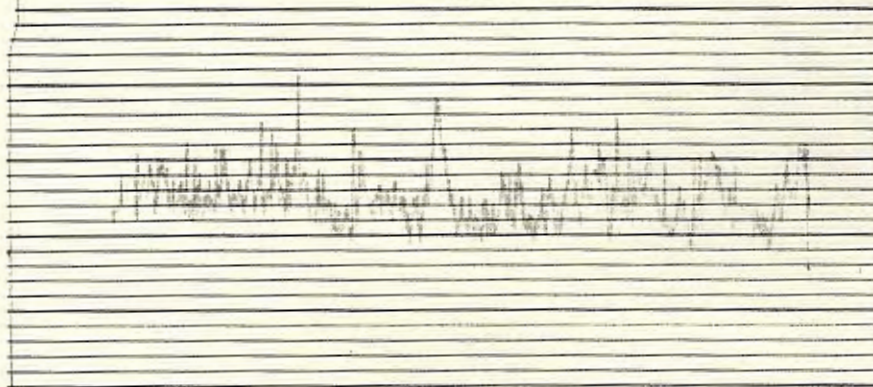
QP 0102

Boyacá y Clemente Ballén.



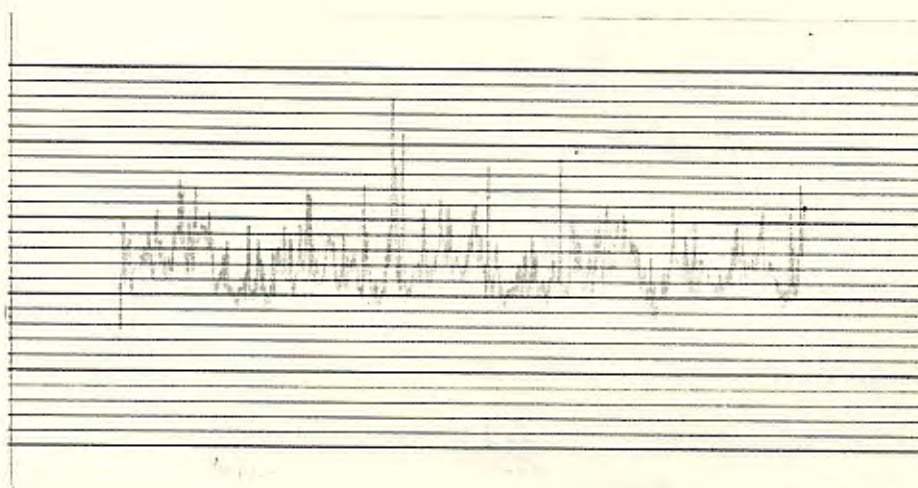
Escobedo y Clemente Ballén.

Brüel & Kjær



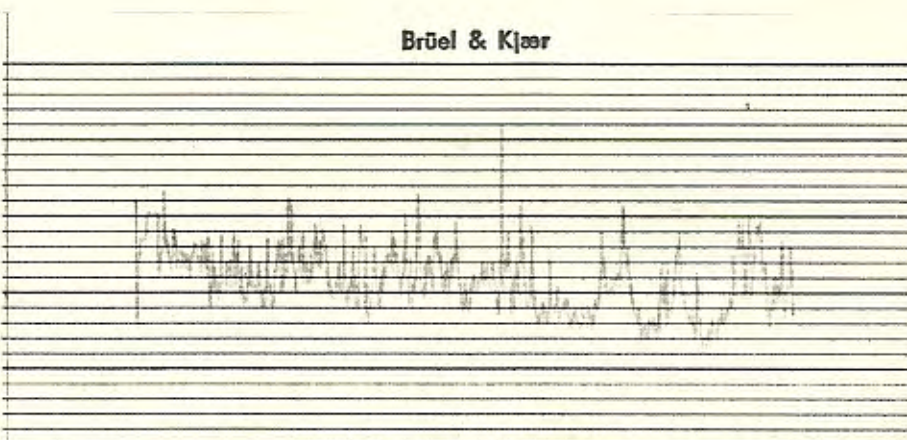
QP 0102

Chimborazo y Clemente Ballén.



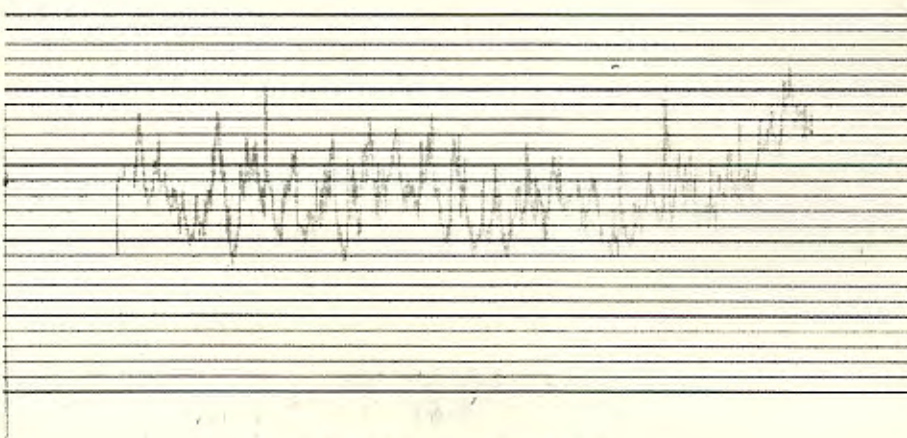
Chimbaraza y Aguirre.

Brüel & Kjør



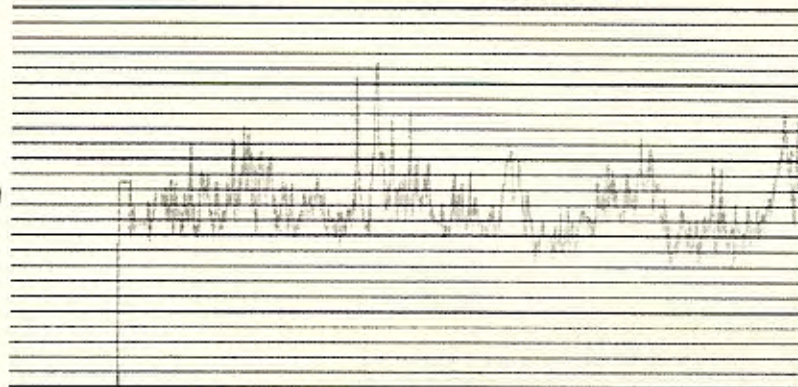
OP 0102

Escobedo y Aguirre.



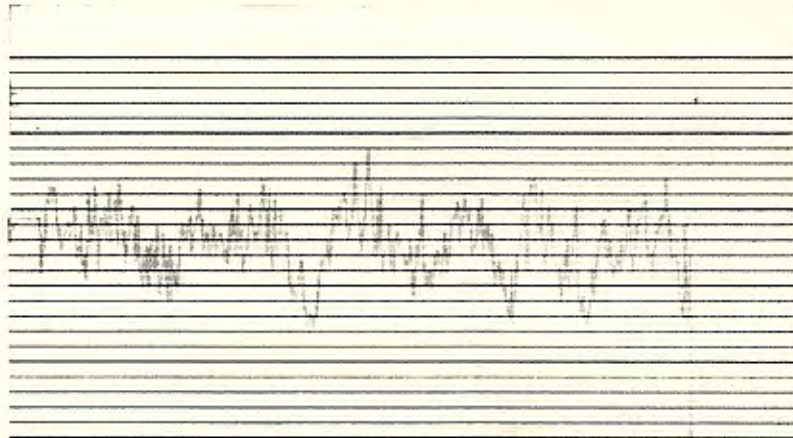
Boyacá y Aguirre.

Brüel & Kjær



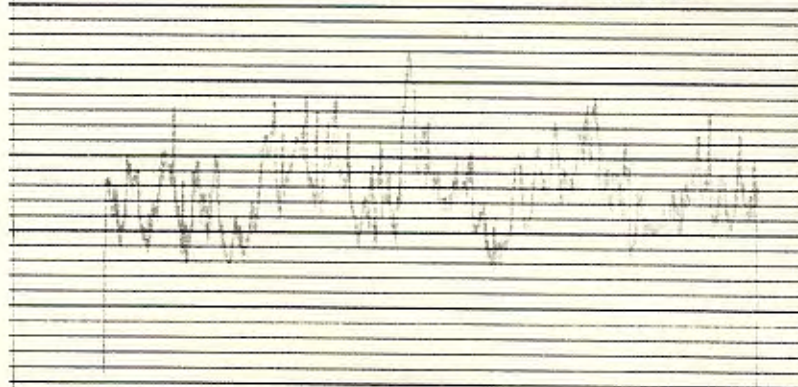
QP 0102

Pichincha y Colón.



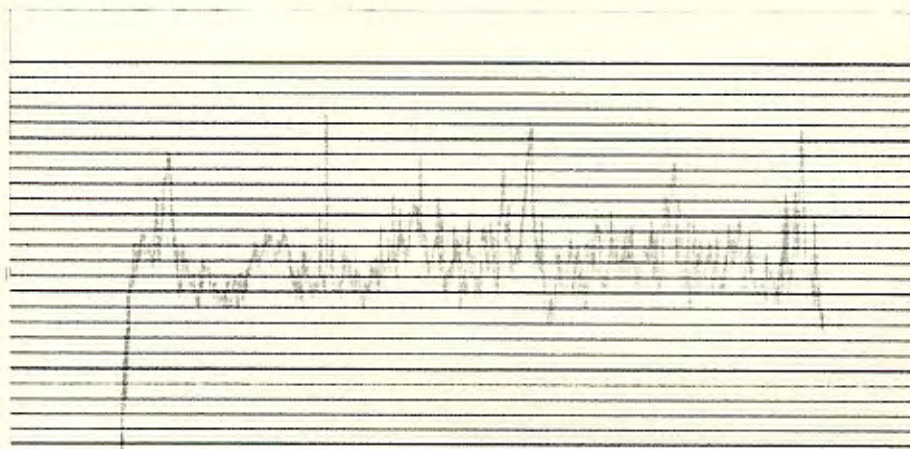
Malecón y Colón.

Brüel & Kjær

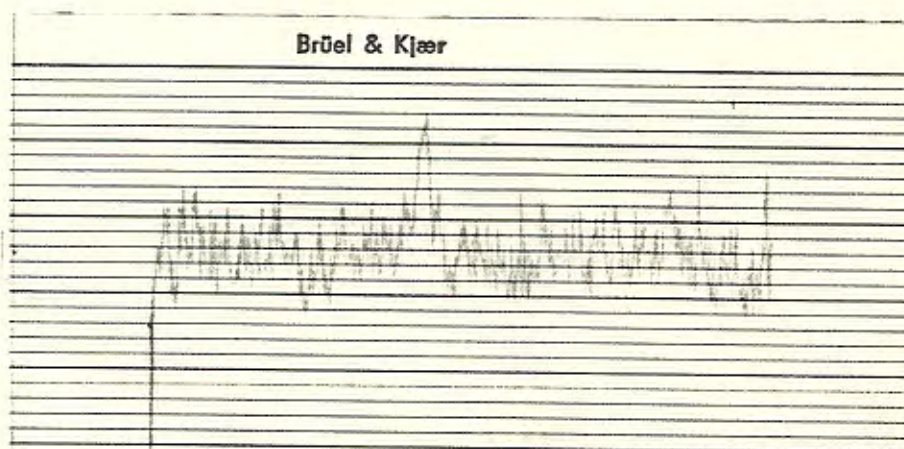


QP 0102

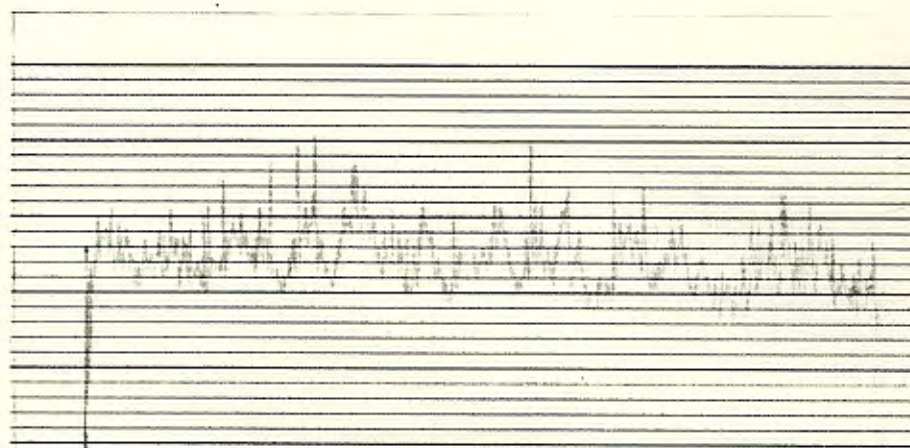
Malecón y Sucre.



Pichincha y Sucre.

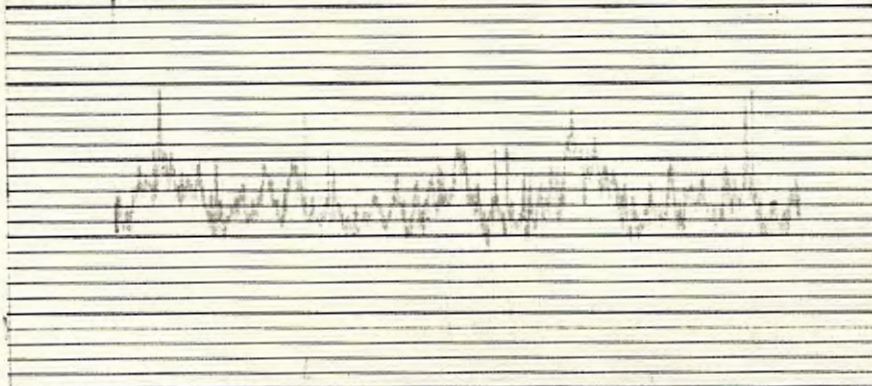


QP 0102
Pichincha y 10 de Agosto.



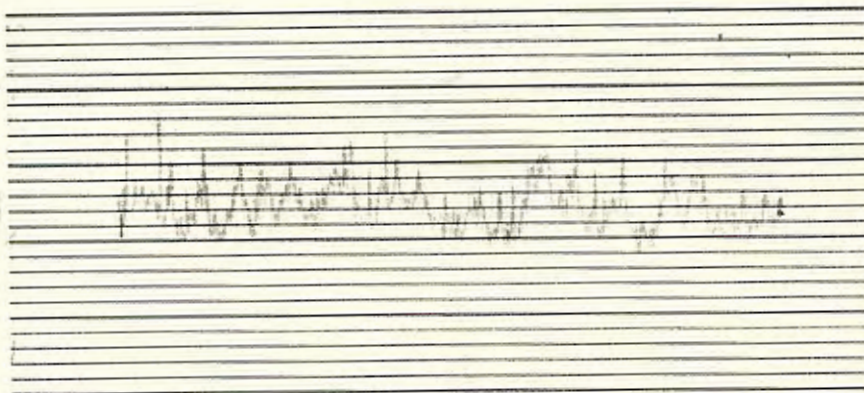
Malecón y 10 de Agosto.

Brüel & Kjær



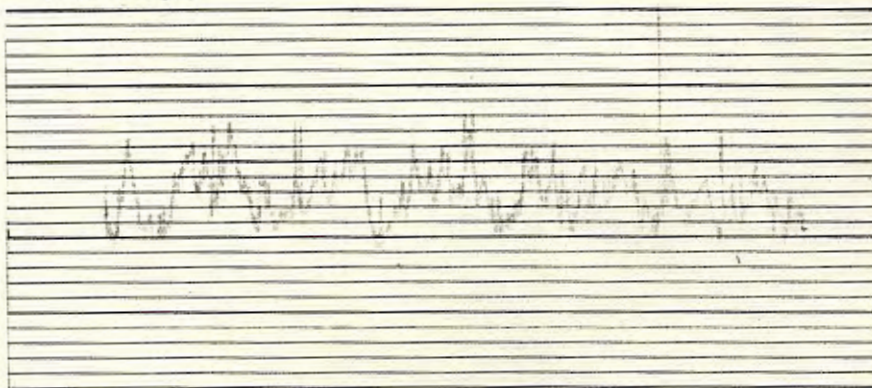
QP 0102

Chile y 9 de Octubre.



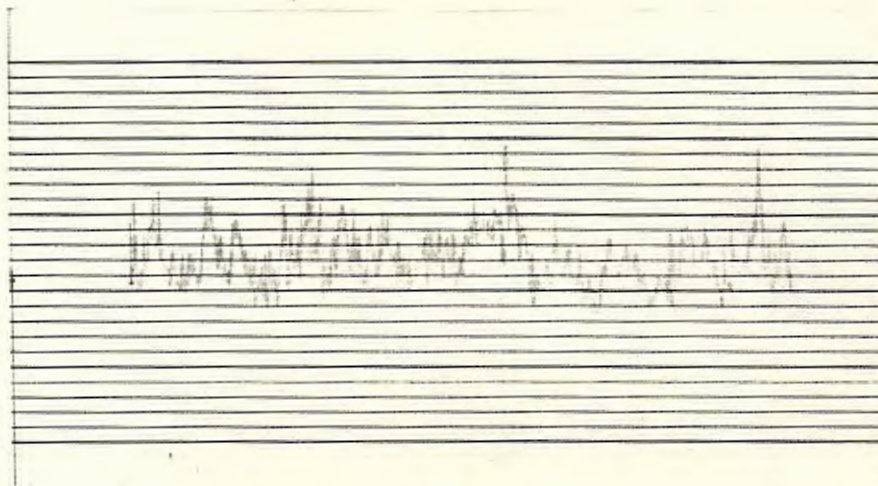
Chile y Vélez.

Brüel & Kjær



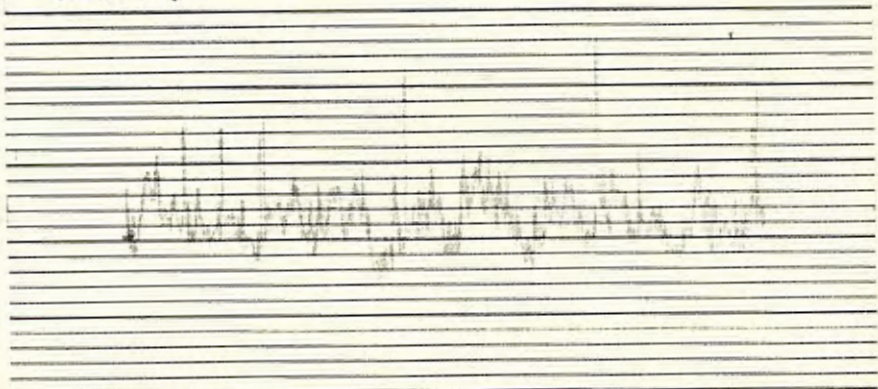
QP 0102

Chile y Luque.



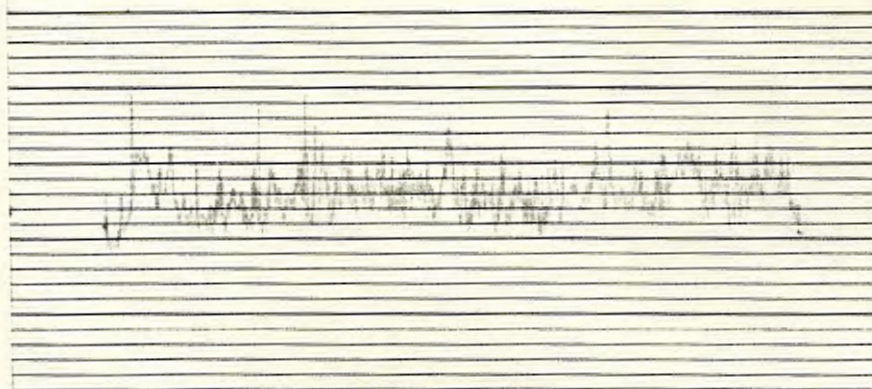
Chimbarazo y Luque.

Brüel & Kjær



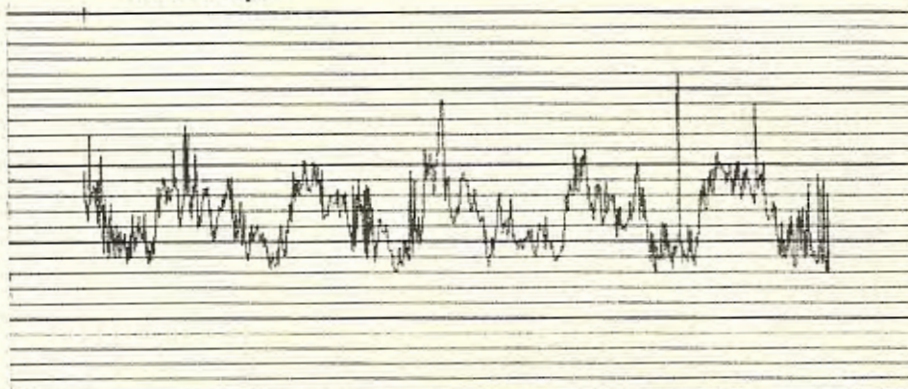
QP 0102

Chimbarazo y Vélez.



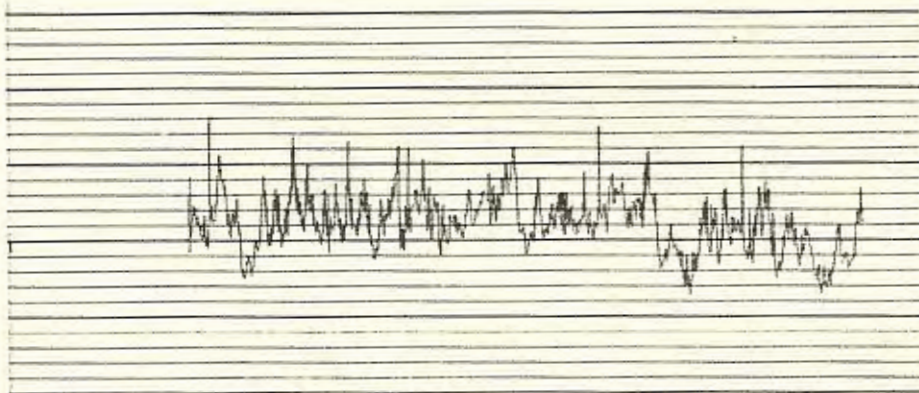
Chimbarazo y 9 de Octubre.

Brüel & Kjær



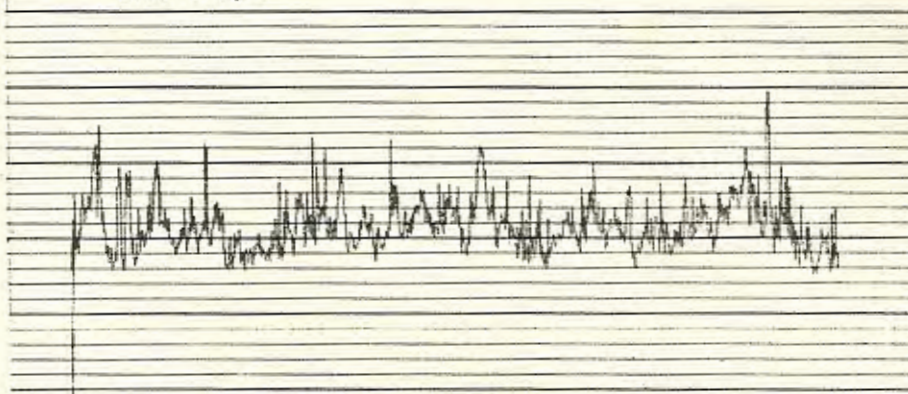
QP 0102

Malecón y Aguirre.



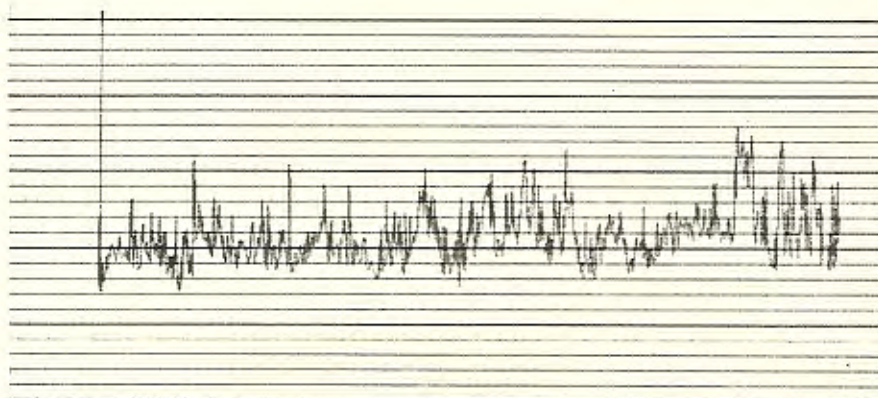
Malecón y Clemente Ballén.

Brüel & Kjær



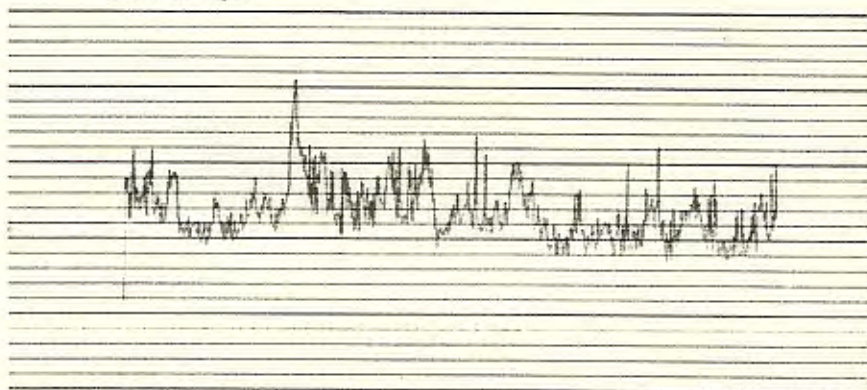
QP 0102

Pichincha y Clemente Ballén.



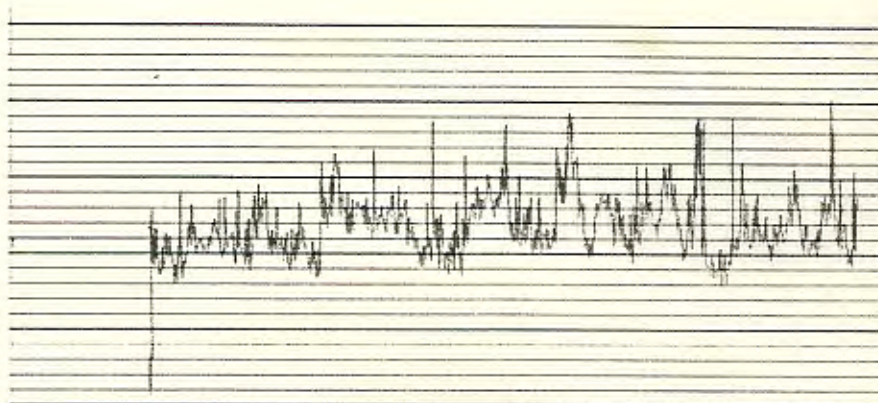
Pedro Carbo y Clemente Ballén.

Brüel & Kjær

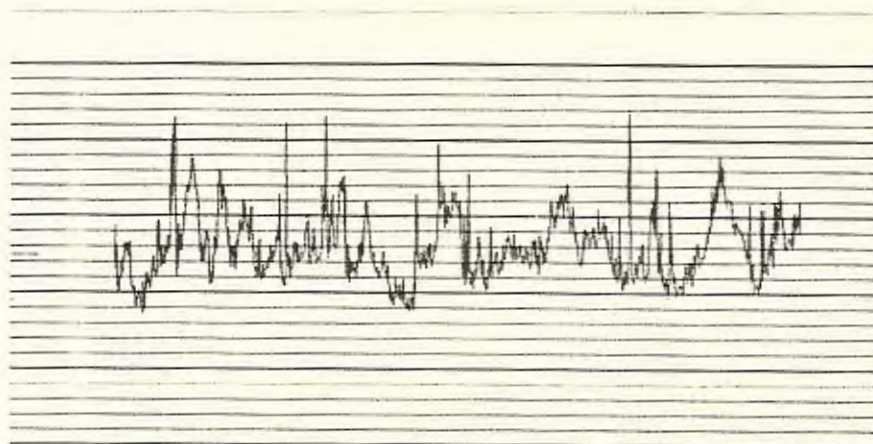


QP 0102

Pedro Carbo y Aguirre.

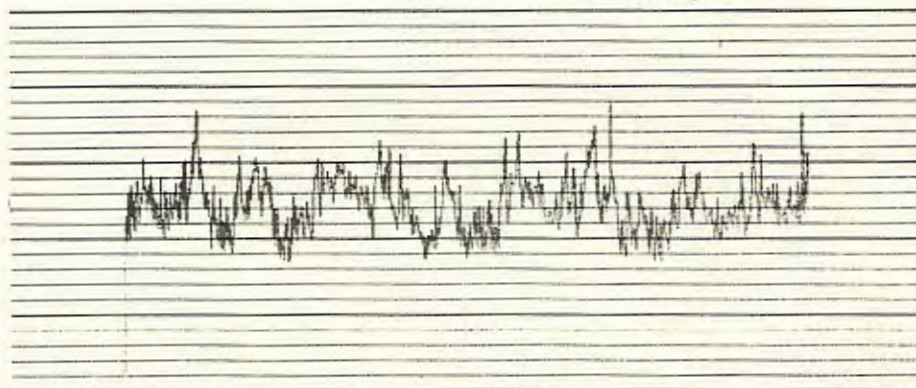


Pichincha y Aguirre.



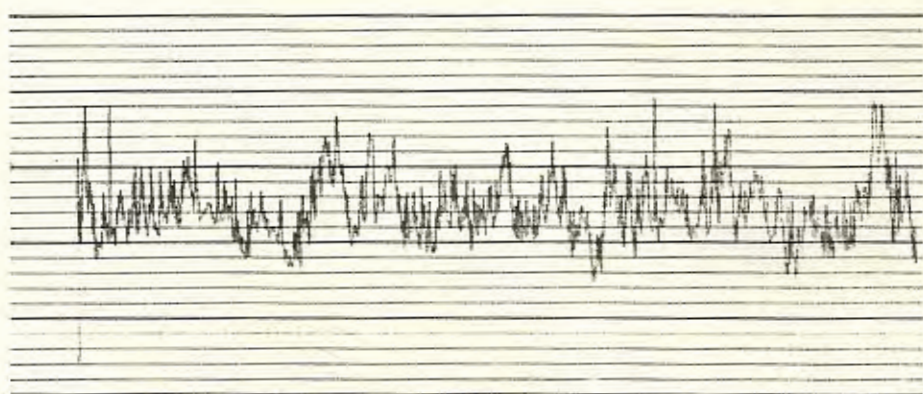
Rumichaca y Luque.

Brüel & Kjær



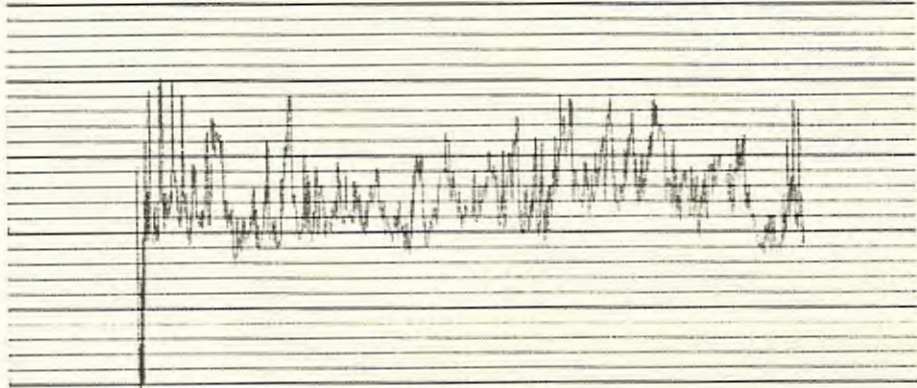
QP 0102

Fco. García Avilés y Luque.



Fco García Avilés y Aguirre.

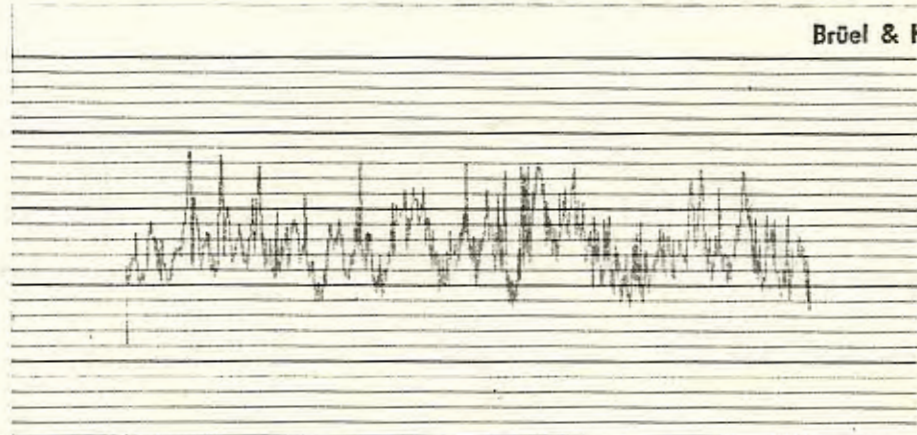
Brüel & Kjær



QP 0102

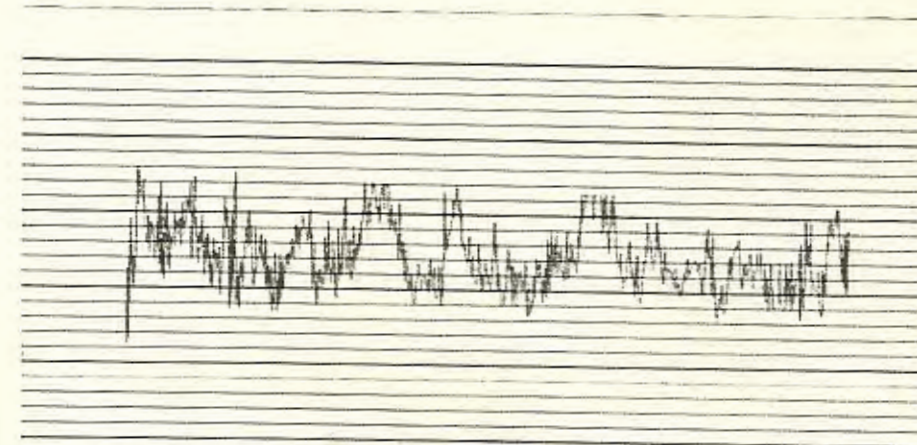
Rumichaca y Aguirre.

Brüel & K



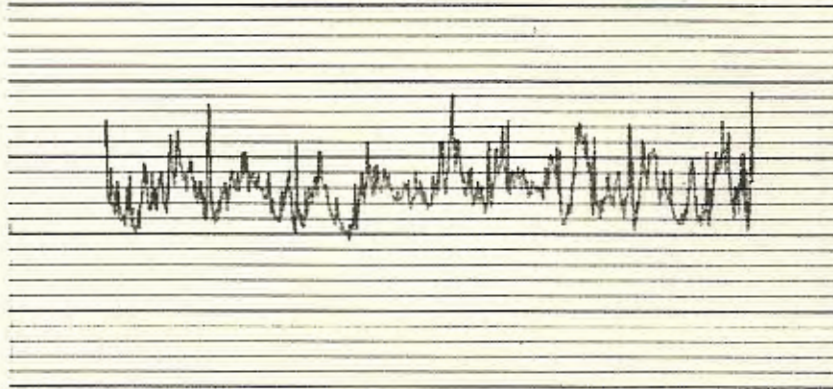
QP 0102

Lorenzo de Garaicoa y Aguirre.



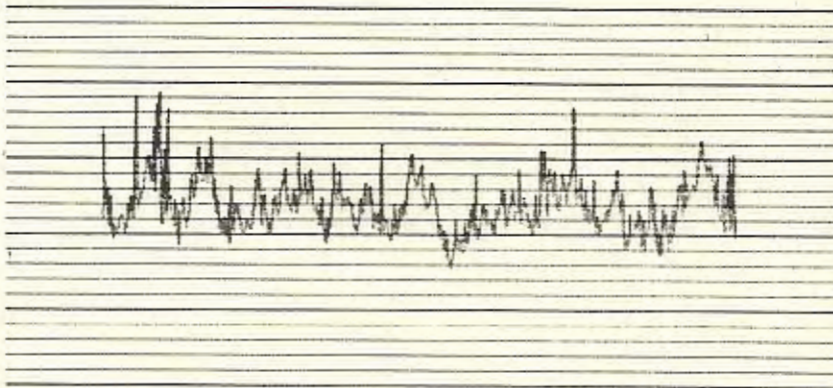
Lorenzo de Garaicoa y Luque.

Brüel & Kjær



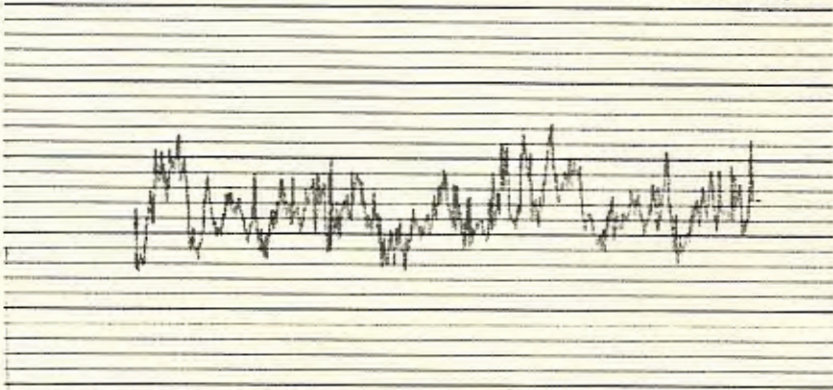
QP 0102

Chile y Colón.



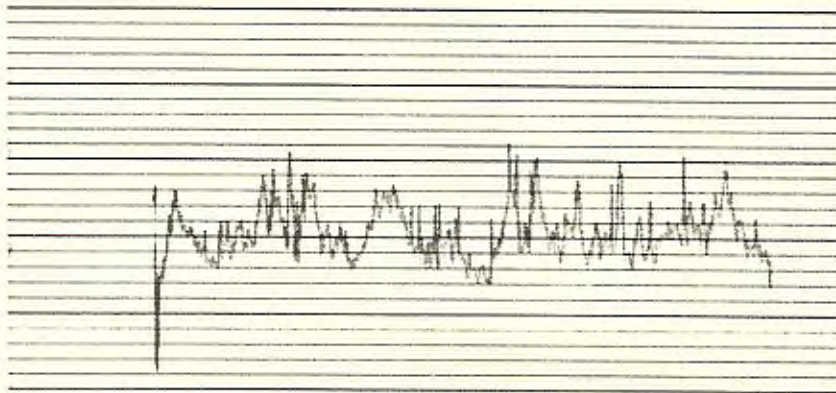
Pedra Carba y Colón.

Brüel & Kjær



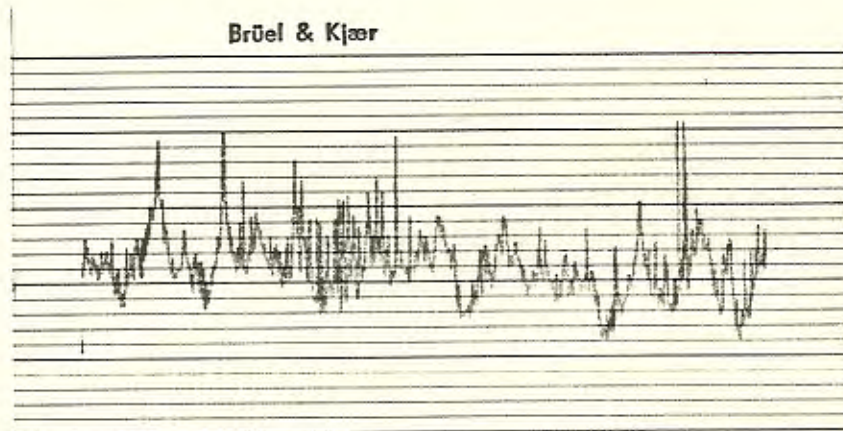
QP 0102

Pedra Carba y Sucre.



Pedra Carba y 10 de Agosto.

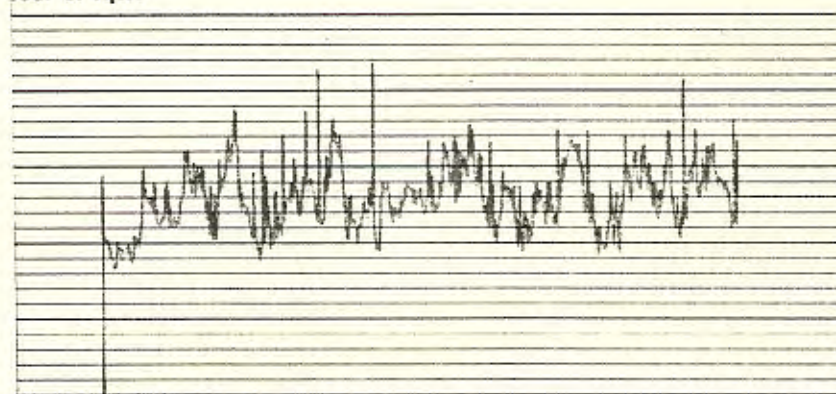
Brüel & Kjær



QP 0102

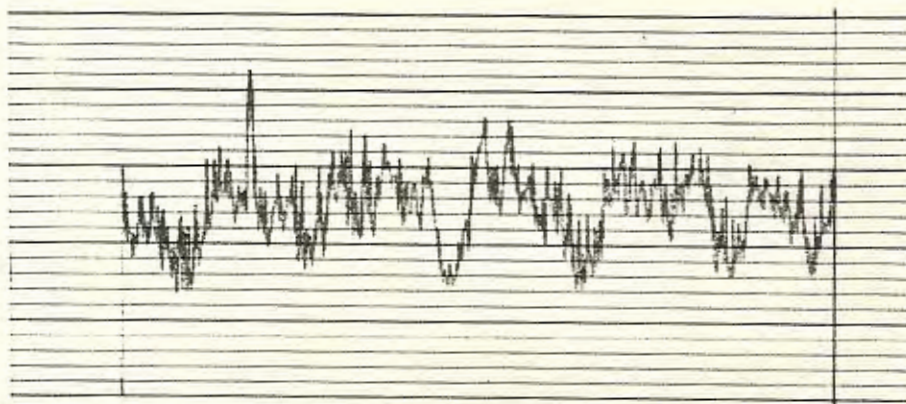
Chile y 10 de Agosto.

Brüel & Kjær



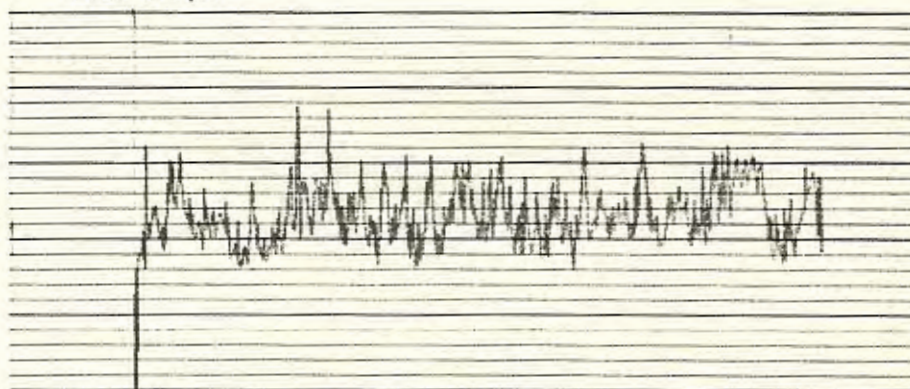
P 0102

Chile y Sucre.



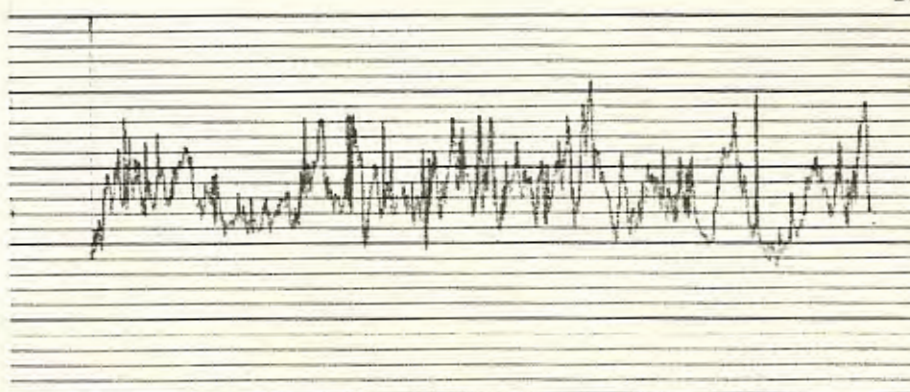
Boyacá y 10 de Agosto.

Brüel & Kjaer



QP 0102

Chimbaraza y 10 de Agosto.

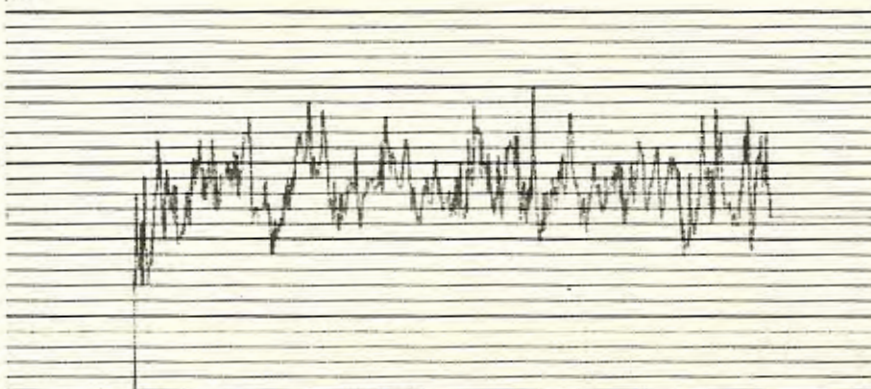


Br

QI

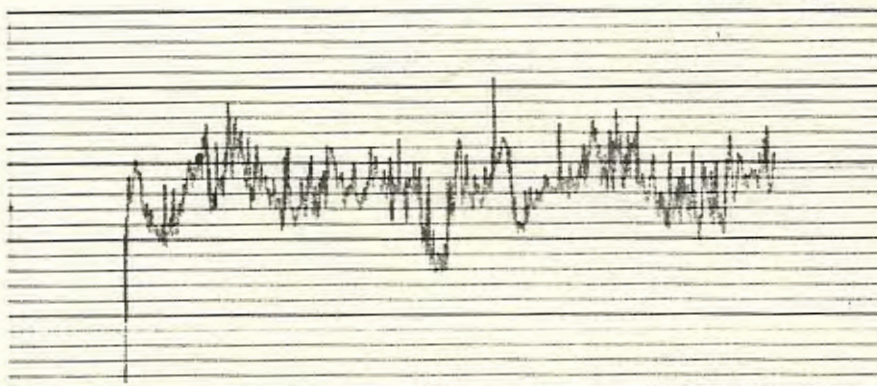
Chimbaraza y Sucre.

æf



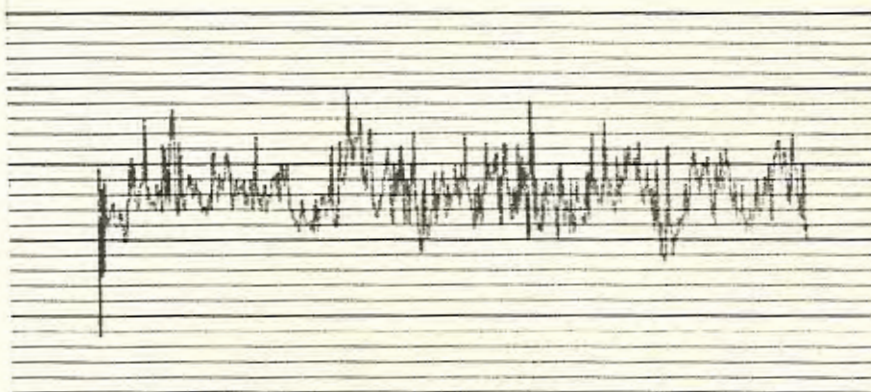
Boyacá y Sucre.

Brüel & Kjær

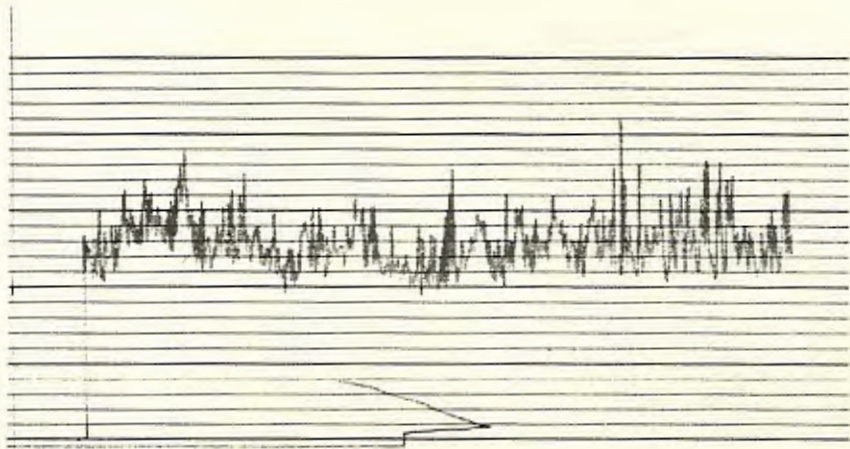


QP 0102

Boyacá y Colón.

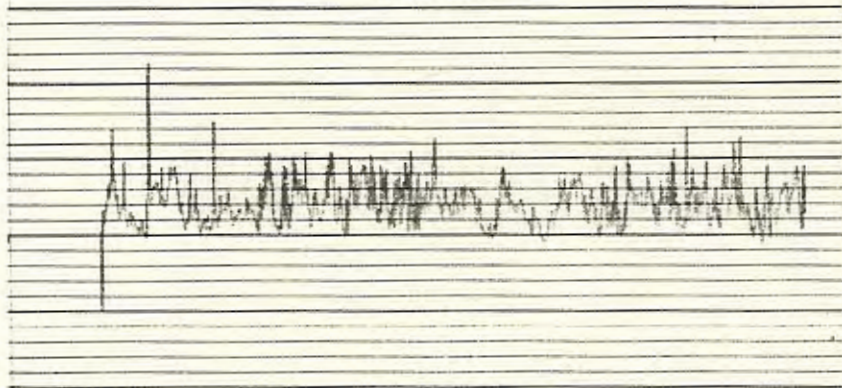


Chimbaraza y Colón.



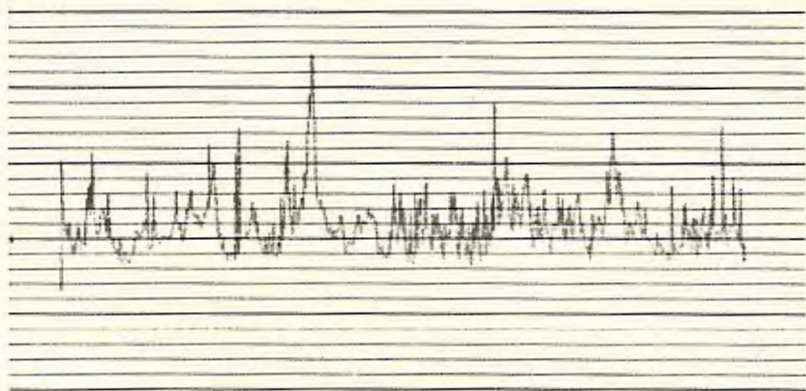
Gral. Córdoba y 9 de Octubre.

Brüel & Kjær



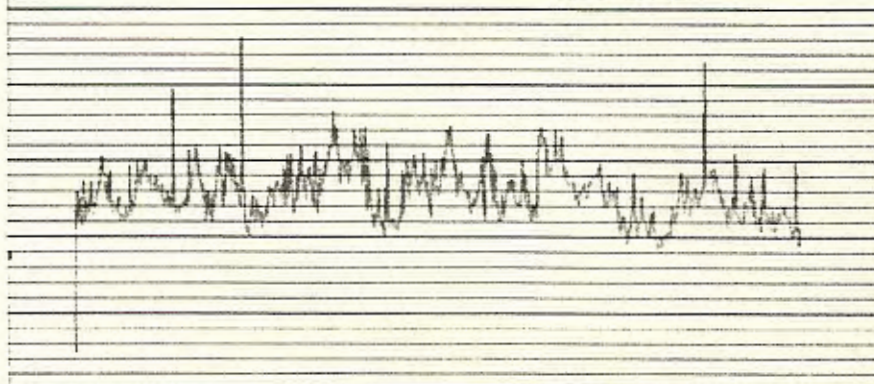
QP 0102

Pedra Carba y 9 de Octubre.



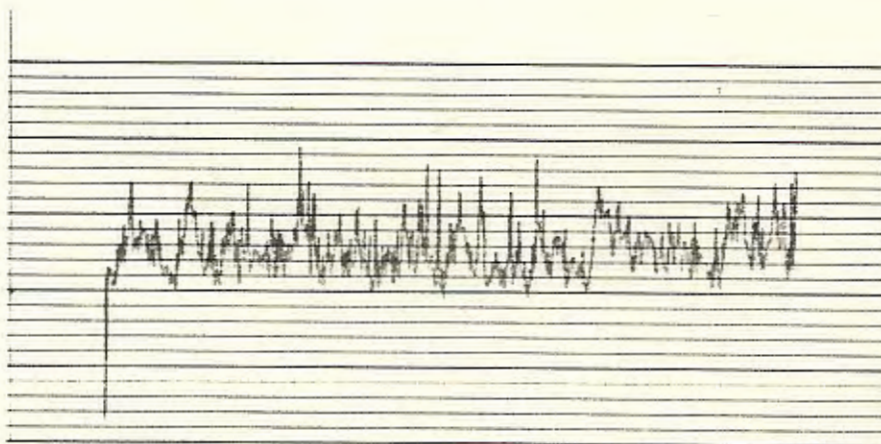
Pedra Carba y Vélez.

Brüel & Kjær



QP 0102

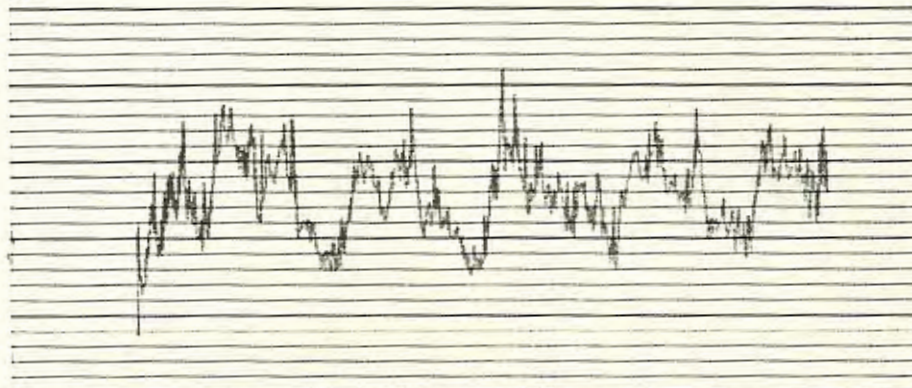
Pedra Carba y Luque.



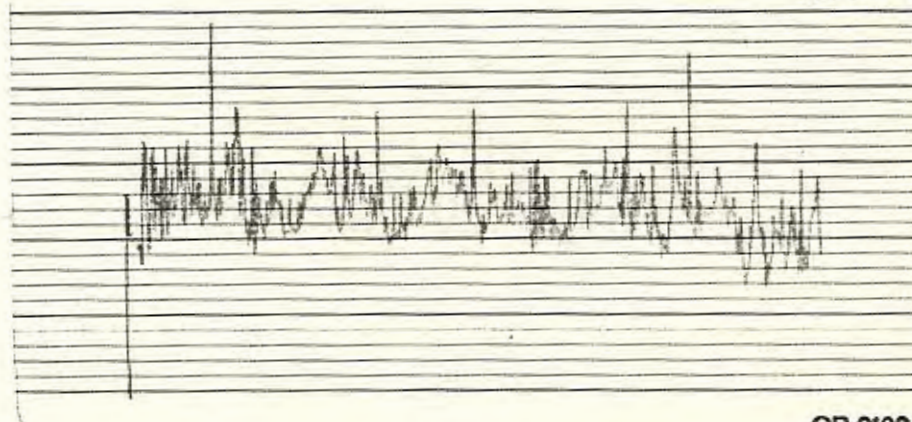
Chile y Aguirre.

Chile y Clemente Ballén.

[æer

*Malecón y 9 de Octubre.*

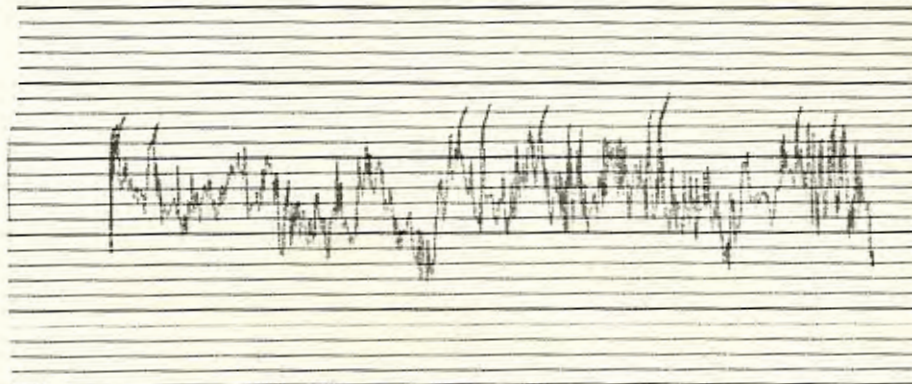
Brüel & K



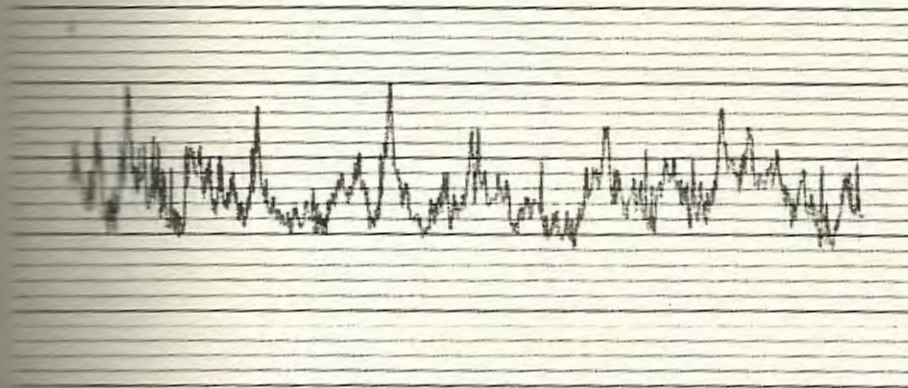
QP 0102

Malecón y Elizalde.

[æer

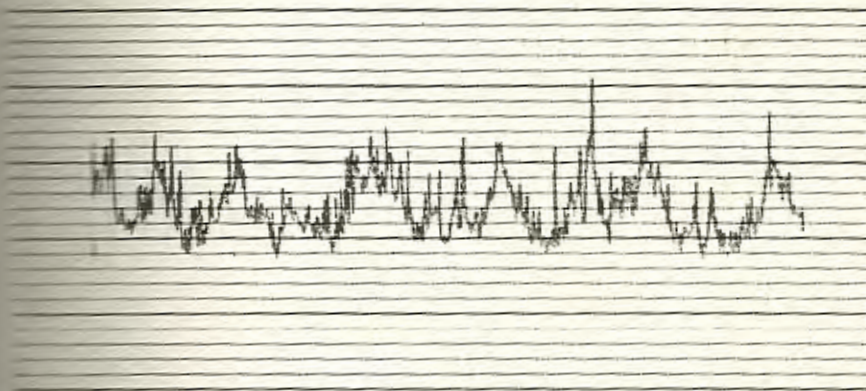
*Malecón e Illingworth.*

Brüel & Kjør



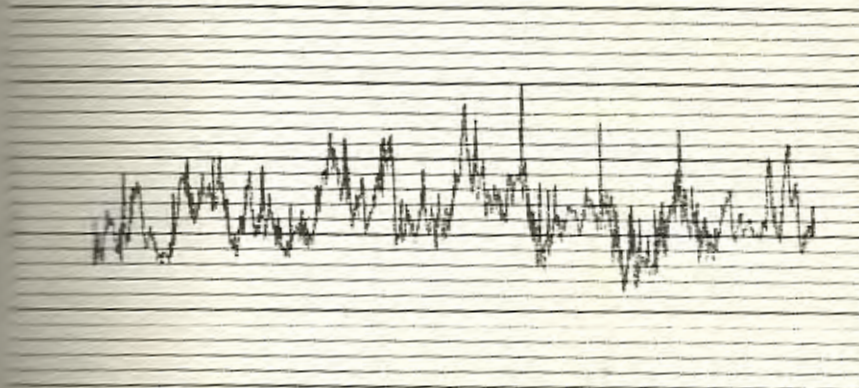
QP 0102

Boyacá y 9 de Octubre



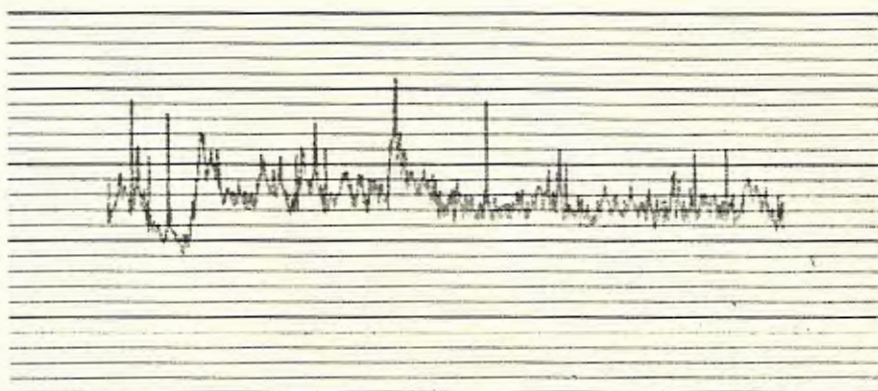
Escobeda y 9 de Octubre

Brüel & Kjør



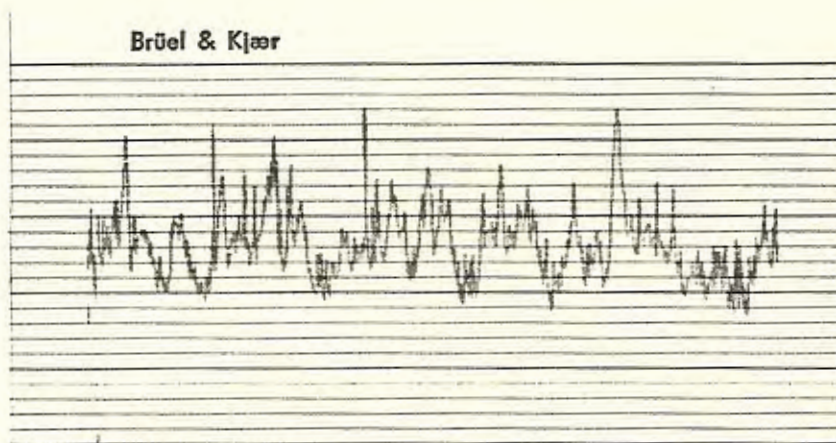
QP 0102

Escobeda y Vélez



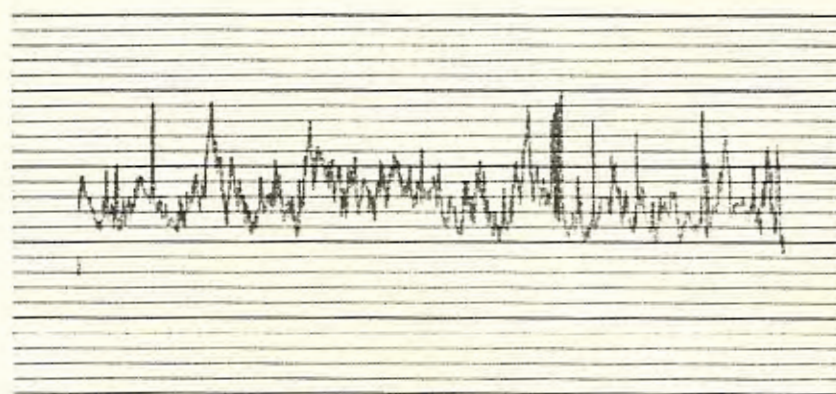
Escobedo y Luque

Brüel & Kjør



QP 0102

Boyacá y Luque



Boyacá y Vélez

APENDICE D

El Analizador de Nivel de Ruido registró todos los criterios usados durante las 24 horas de trabajo.

En el programa de entrada se seleccionó "preamp. curva A", "RMS-Fast" y trabajando con un rango dinámico de 20-130dB. En el programa intermedio, el tiempo corto fue seleccionado para 1 hora y las correcciones en el tiempo intermedio fue de 0 dB.

A continuación se presentan los principales registros impresos por el Analizador de Nivel de Presión 2417 B&K, de las intersecciones en estudio.

En las intersecciones de Sucre y Pichincha y de Rumichaca y 9 de Octubre no se imprimió porque la impresora empezó a fallar.

COLON Y CHIMBORAZO

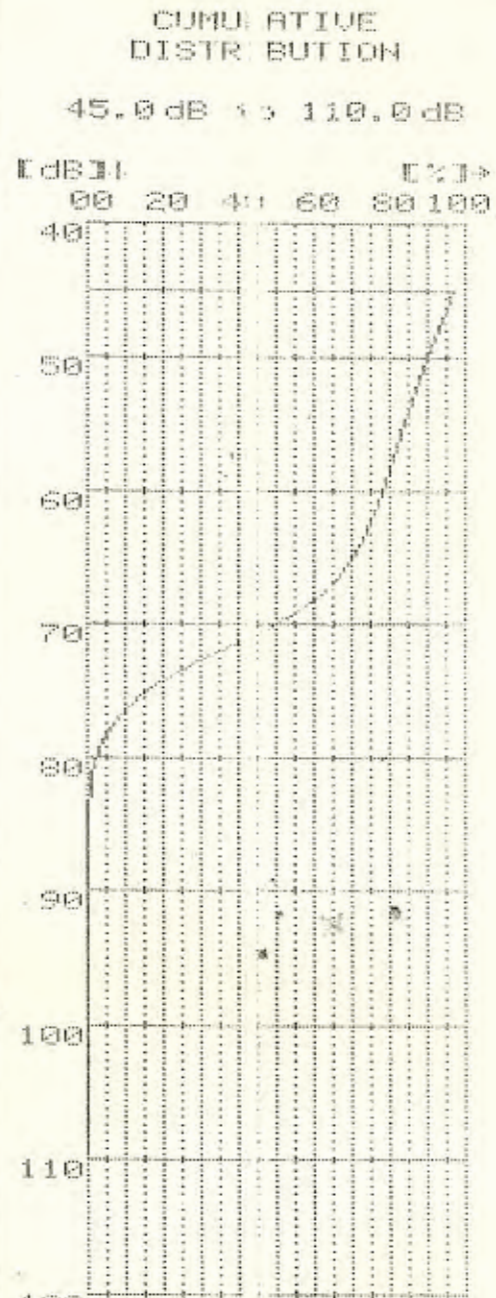


Noise Level Analyzer
Type 4427

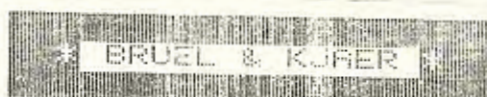
Long Leq = 73.6dB
Overload in Period

L 1.0 = 83.0dB
L 10.0 = 76.6dB
L 50.0 = 70.0dB
L 90.0 = 50.4dB

L 0.1 = 93.0dB
L 100.0 = 32.4dB



PICHINCHA Y 9 DE OCTUBRE



Noise Level Analyzer
Type 4427

Time 09:21:42

Short Leq= 70.7dB

NPL= 86.8dB

Standard Deviation= 6.3dB

Mean Value= 68.5dB

L 0.1= 91.2dB

L 99.0= 59.0dB

L100.0= 48.6dB

L 1.0= 81.8dB

L 10.0= 75.8dB

L 50.0= 70.0dB

L 90.0= 59.8dB

TNI= 93.8dB

NPL= 86.8dB

Standard Deviation= 6.3dB

Mean Value= 68.5dB

Long Leq= 73.0dB

CUMULATIVE DISTRIBUTION

45.0dB to 110.0dB

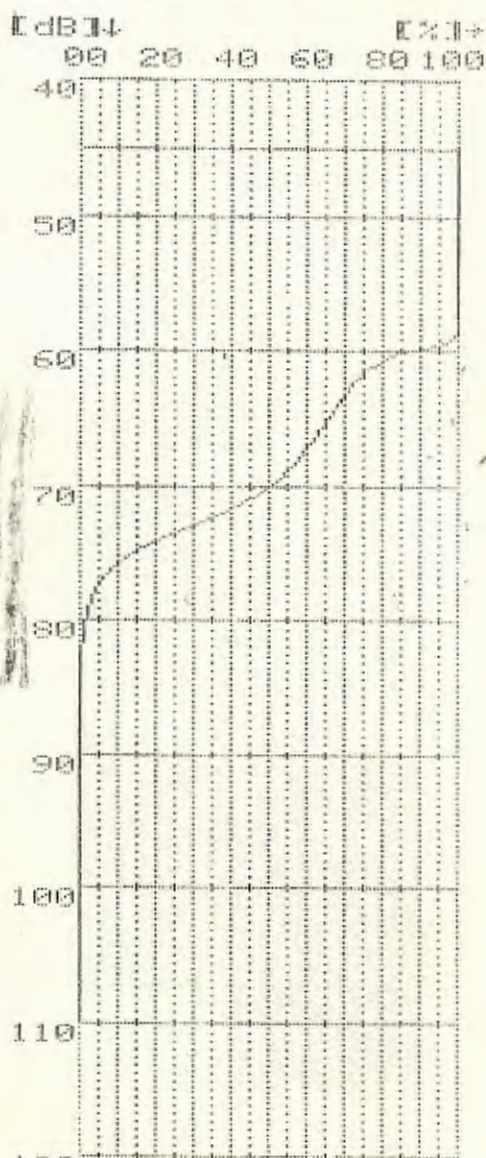




Fig E-2. Malecón y 9 de Octubre. 5 minutos de registro.



Fig E-3. Pedro Carbo y 9 de Octubre. 5 minutos de registro



Fig E-4. Chimbaraza y Colón. 24 horas de registros.



Fig E-5. Boyacá y Aguirre. 24 horas de registros.

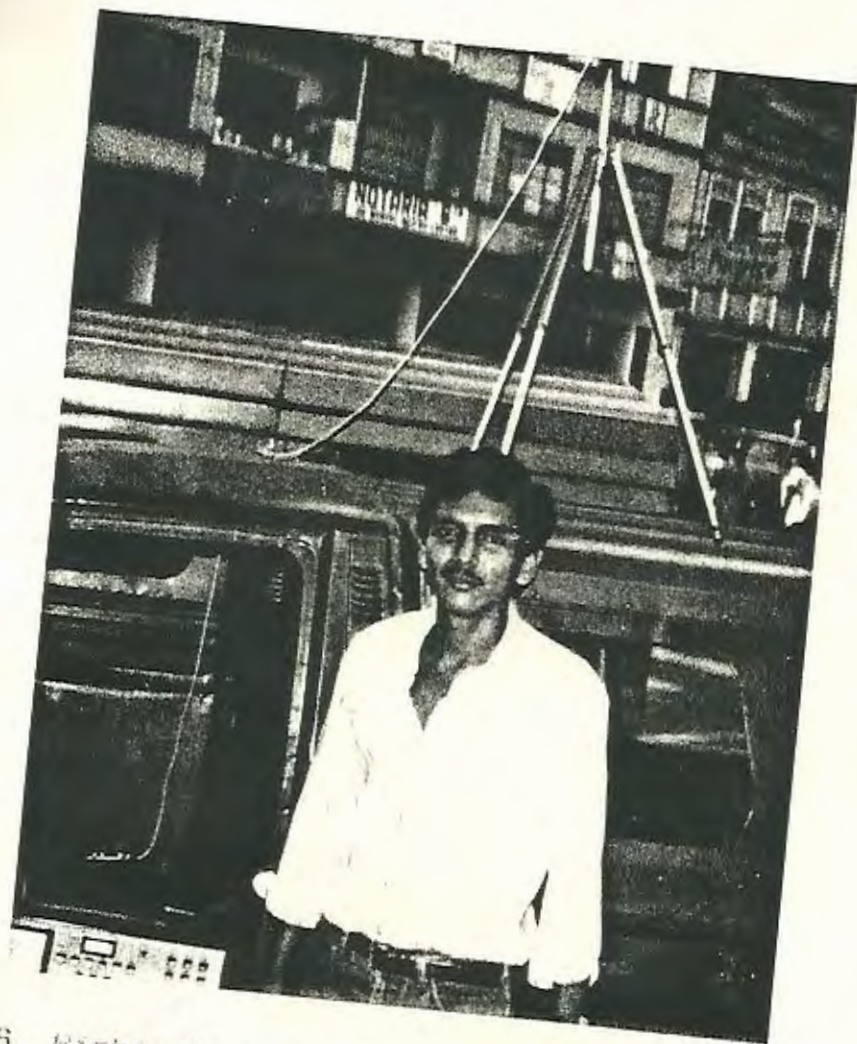


Fig E-6. Pichincha y Sucre, 24 horas de registros.