

DETERMINACION DE PARAMETROS PARA LA EVALUACION Y CONTROL DEL IMPACTO DEL RUIDO AMBIENTAL.

SANCHIS SABATER, A.
SOLANA QUIROS P.E.
NAVARRO ESCOBEDO, D.
GAJA DIAZ E.

*Laboratorio de Acústica Aplicada.
Departamento de Física Aplicada, E.T, S.I.I.
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.
Apartado 22012, 46080 VALENCIA.*

SUMARIO

En base a un estudio de contaminación acústica realizado en el caso urbano del término municipal de Mislata (Valencia), se propone una aproximación estadística de distintos parámetros acústicos, evitando la consideración de distribución normal de los niveles sonoros, destacando la amplia correlación de las expresiones obtenidas. Previo análisis numérico de los datos experimentales se dividió el entorno urbano en 25 zonas físico-acústicas, atendiendo a diferentes criterios, para mayor facilidad del tratamiento posterior de dichos datos.

NOMENCLATURA

H	Hora. $1 \leq H \leq 12$.
L_1	Nivel sonoro de una muestra
Leq	Nivel equivalente
$Leq(H-1, H)$	Nivel sonoro equivalente correspondiente al periodo comprendido entre la hora H-1 y la hora H. $Leq(0,0) = 0$
L_{10}	Nivel superado durante el 10% del tiempo
L_{50}	Nivel superado durante el 50% del tiempo
L_{90}	Nivel superado durante el 90% del tiempo

N (H)	Número de muestras obtenidas hasta la hora H
$n(L_1)$	Número de muestras del nivel L_1 en la distribución.
μ	Media de la distribución
σ	Desviación típica de la distribución
ρ	Coefficiente de correlación

1. INTRODUCCION

La variabilidad en el tiempo y en el espacio de los niveles de presión sonora del ruido comunitario, así como su composición espectral, ha obligado para su caracterización, a la introducción de numerosos parámetros acústicos basados en el análisis estadístico del mismo. Cuando este análisis se efectúa durante amplios periodos de tiempo, la distribución de las muestras obtenidas, se acerca a una distribución normal o gaussiana. Buen número de estudios que utilizan estos parámetros acústicos se basan en el análisis de esta distribución particular. Este estudio soslaya la aproximación a una distribución normal y analiza la correlación entre los diferentes parámetros estadísticos para determinar los niveles de ruido emitidos por las distintas fuentes que caracterizan el ruido comunitario, tráfico rodado, ferrocarril, tráfico aéreo, industria, establecimientos comerciales y de diversión, conversaciones, etc..., con

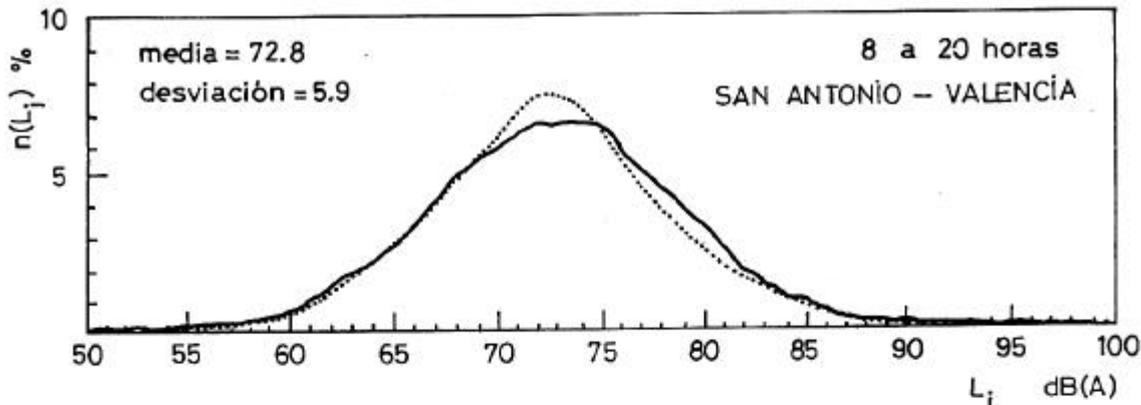


Figura 1. Distribución de niveles de ruido en dBA. en el punto San Antonio-Valencia, desde las 8 hasta las 20 horas. En línea continua la distribución experimental, en línea discontinua la distribución normal para la media y desviación obtenida.

predominio del ruido de tráfico, particularmente a ciertas horas del día.

En los epígrafes siguientes, se muestran las expresiones que ligan los parámetros acústicos con la media, mediana y desviación típica de la distribución de niveles ambientales.

Los datos experimentales en los que se basa este estudio, han sido obtenidos en el entorno urbano de Mislata, situado en las proximidades de Valencia, lo cual motiva un considerable flujo de tráfico a través del casco urbano. Esta situación se ve agravada por la proximidad del aeropuerto de Manises y la base aérea militar adyacente, junto con una planificación estructural y urbana marcada por la etapa desarrollista de los años sesenta.

Por otro lado, el diseño de normativas y ordenanzas que permitan la evaluación y control del ruido puede ser reforzado y simplificado, por el mayor y mejor conocimiento de la relación entre los diferentes parámetros acústicos y su ámbito de aplicación.

2. DATOS EXPERIMENTALES

Para la determinación de los niveles emitidos se efectuó un control previo del ruido mediante un sonómetro, localizándose un conjunto de puntos con importante contaminación acústica de diverso tipo. Analizando urbanísticamente sobre el plano dichos puntos y teniendo en cuenta diversos factores, quedaron reducidos, finalmente a 25, obteniéndose en cada uno, muestras del ruido en el intervalo de tiempo comprendido entre las 8 y las 20 horas, con una cadencia de una muestra cada segundo, mediante la utilización de un analizador estadístico B & K, obteniéndose para cada hora, el nivel equivalente, L_{eq} , los niveles estadísticos, L_{10} , L_{50} , L_{90} y la distribución de niveles.

En la FIGURA 1 se ha representado la dis-

tribución del periodo de 12 horas, obtenida en uno de los puntos, contrastada con la distribución normal correspondiente a la media y desviación calculadas para la muestra. Como puede observarse la aproximación a una distribución de tipo normal, es suficiente para calcular los distintos niveles estadísticos a partir de ella, sin embargo un tratamiento de la distribución de los datos experimentales puede permitir, como se verá a continuación, una mejor predicción de los parámetros acústicos.

3. OBTENCIÓN DE LA MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA

Restando a la distribución acumulada correspondiente la distribución acumulada de la hora anterior se obtiene la distribución horaria de los niveles, disponiendo de esta forma de 23 distribuciones de niveles, cuyo nivel equivalente puede ser calculado mediante la expresión:

$$L_{eq}(H-1, H) = 10/N(H) \times \log_{10} \left\{ \frac{N(H) \times 10^{L_{eq}(0,H)/10} - N(H-1) \times 10^{L_{eq}(0,H-1)/10}}{N(H-1)} \right\} \quad (1)$$

Para las 23 distribuciones obtenidas en cada uno de los 25 puntos se calcula la media y la desviación típica mediante las siguientes expresiones:

$$\mu = \left[\sum_i n(L_i) \times L_i \right] / \sum_i n(L_i) \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \left[\sum_i (L_i - \mu)^2 \times n(L_i) \right] / \sum_i n(L_i) \quad (3)$$

Con estos parámetros se ha obtenido la distribución normal, mostrada en la FIGURA 1.

4. CALCULO DEL L_{50}

El nivel L_{50} representa a la mediana de la distribución. Si se tratase de una distribución nor-

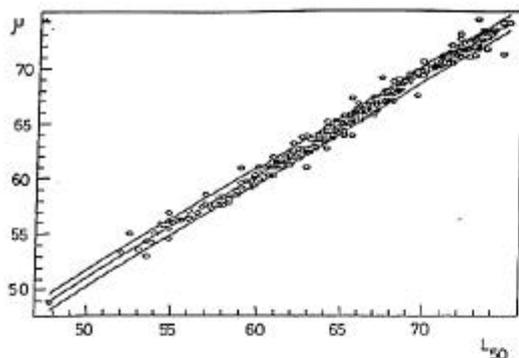


Figura 2. Relación entre la media y la mediana de la distribución de niveles acústicos.

mal o gaussiana la media y el nivel L_{50} deberían coincidir. De la observación de los datos experimentales se deduce que esto no ocurrirá, por lo que se ha tratado de relacionar ambos parámetros estadísticos, obteniéndose una buena correlación mediante la siguiente expresión:

$$\mu = 0.936 \times L_{50} + 4.25 \pm 0.68 \quad (\rho = 0.99) \quad (4)$$

En la FIGURA 2 se ha representado dicha expresión, junto con los datos experimentales. Acotando con una precisión del 90%.

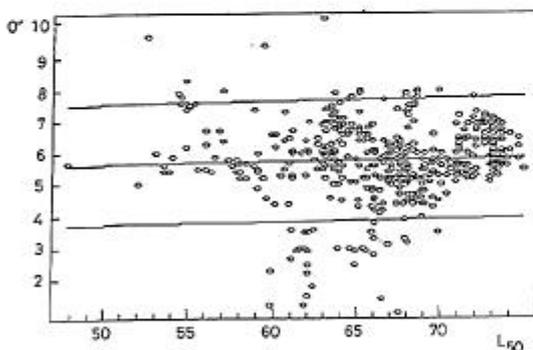


Figura 3. Relación entre L_{50} y σ .

La ampliación de esta expresión para incluir la desviación típica, no presenta sustancial ventaja, ya que no cabe esperar mayor correlación. Así pues se obtiene:

$$\mu = 0.934 \times L_{50} + 0.15 \times \sigma - 0.013 \times \sigma^2 + 3.96 \pm 0.69 \quad (\rho = 0.99) \quad (5)$$

La media y la mediana son prácticamente independientes de la desviación. El estudio de la relación entre la desviación y la mediana, arroja el siguiente resultado:

$$\sigma = 0.01 \times L_{50} + 5.115 \pm 1.916 \quad (\rho = 0.04) \quad (6)$$

que corrobora la escasa correlación entre ambas variables. En la FIGURA 3 se ha representado la función (6).

El nivel L_{50} será:

$$L_{50} = 1.06 \times \mu - 0.11 \times \sigma + 0.009 \times \sigma^2 - 3.79 \pm 0.71 \quad (\rho = 0.99) \quad (7a)$$

Despreciando el término de σ^2 por ser escasamente relevante se obtiene:

$$L_{50} = 1.058 \times \mu - 0.007 \times \sigma - 3.62 \pm 0.69 \quad (\rho = 0.99) \quad (7b)$$

5. CALCULO DEL L_{10}

De los parámetros estadísticos, el nivel L_{10} junto al L_{90} constituyen los índices básicos para la obtención del grado de contaminación acústica.

Si la distribución de los niveles de ruido fuese gaussiana, se obtendría como expresión:

$$L_{10} = \mu + 1.28 \times \sigma \quad (8.a)$$

Con los más 575 datos que se disponen, se puede obtener una mayor aproximación de las expresiones que relacionan el nivel L_{10} con media o la mediana y la desviación. La expresión mostrada a continuación se ha representado en la FIGURA 4.

$$L_{10} = 0.925 \times L_{50} + 13.17 \pm 3.01 \quad (\rho = 0.92) \quad (8.b)$$

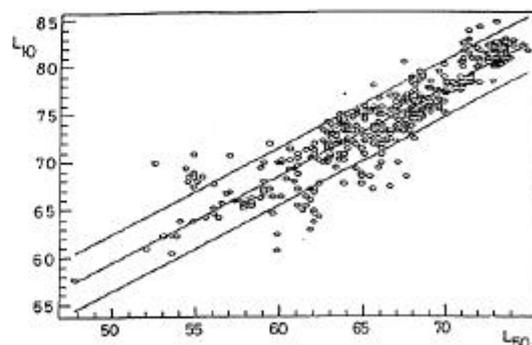


Figura 4. L_{10} función de L_{50} .

Al introducir en dicha expresión la desviación se consigue un aumento del coeficiente de correlación:

$$L_{10} = 0.91 \times L_{50} + 1.73 \times \sigma - 0.025 \times \sigma^2 + 4.82 \pm 1.36 \quad (\rho = 0.98) \quad (8.c)$$

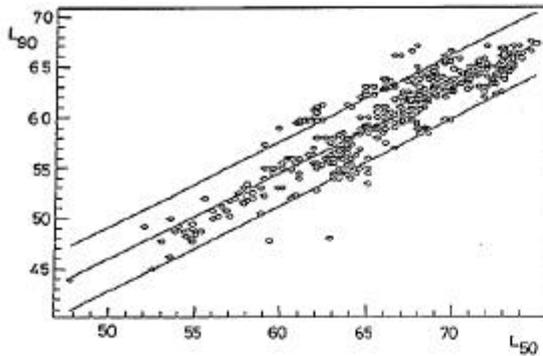


Figura 5. L_{90} en función de L_{50} .

independientemente del L_{50} :

$$L_{10} = 0.98 \times \mu + 1.56 \times \sigma - 0.007 \times \sigma^2 + 0.67 \pm 0.71 \quad (\rho = 0.99) \quad (8.d)$$

y dada la escasa relevancia del término en σ^2 :

$$L_{10} = 0.98 \times \mu + 1.49 \times \sigma + 0.79 \pm 0.76 \quad (\rho = 0.99) \quad (8.e)$$

6. CALCULO DEL L_{90}

La expresión obtenida para el nivel L_{90} es la siguiente:

$$L_{90} = 0.86 \times L_{50} + 2.87 \pm 3.18 \quad (\rho = 0.92) \quad (9.a)$$

Esta función se ha representado en la FIGURA 5.

Al introducir en la expresión (9.a) la desviación se obtiene:

$$L_{90} = 0.88 \times L_{50} - 1.11 \times \sigma - 0.025 \times \sigma^2 + 8.86 \pm 1.36 \quad (\rho = 0.97) \quad (9.b)$$

En función de la media y la desviación:

$$L_{90} = 0.95 \times \mu - 1.28 \times \sigma + 0.009 \times \sigma^2 + 4.76 \pm 0.89 \quad (\rho = 0.98) \quad (9.c)$$

que al igual que en la expresión (8.e), despreciando el término en σ^2 :

$$L_{90} = 0.95 \times \mu - 1.38 \times \sigma + 4.93 \pm 0.90 \quad (\rho = 0.98) \quad (9.d)$$

Como puede observarse, tanto la expresión (9.c) como la (9.d) se aproximan bastante a la obtenida mediante la distribución normal:

$$L_{90} = \mu - 1.28 \times \sigma \quad (9.e)$$

7. CALCULO DEL NC

Un parámetro importante, utilizado para caracterizar situaciones de ruido urbano con predominio del tráfico rodado, indicativo de la dispersión de niveles, es la diferencia $L_{10}-L_{90}$. Si la distribución fuese gaussiana, este parámetro tan solo dependería de la desviación, ya que bastaría sustraer a la expresión (8.a) la (9.e). Si se intenta relacionar este parámetro con la mediana o la media se obtiene escasa correlación tal como puede apreciarse en la FIGURA 6, en donde se ha representado la expresión:

$$L_{10}-L_{90} = 0.063 \times L_{50} + 10.31 \pm 5.61 \quad (\rho = 0.09) \quad (10.a)$$

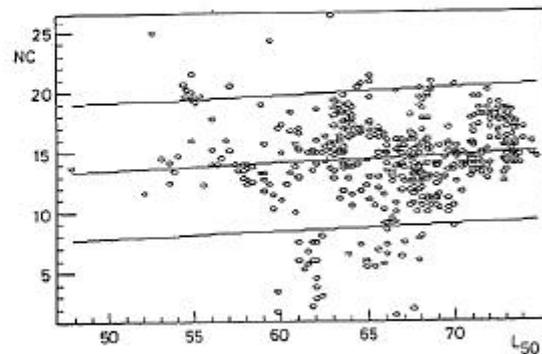


Figura 6. Relación entre el parámetro $L_{10}-L_{90}$ y la mediana de la distribución de niveles de ruido.

La inclusión de la desviación, supone un notable incremento del coeficiente de correlación. La expresión (10.a) se convierte en:

$$L_{10}-L_{90} = 0.029 \times L_{50} + 2.84 \times \sigma^2 + 0.0028 \times \sigma^2 - 4.04 \pm 0.88 \quad (\rho = 0.95) \quad (10.b)$$

que en función de la media quedará:

$$L_{10}-L_{90} = 0.03 \times \mu + 2.84 \times \sigma + 0.0026 \times \sigma^2 - 4.09 \pm 0.90 \quad (\rho = 0.95) \quad (10.c)$$

y, al igual que las expresiones (8.e) y (9.d):

$$L_{10}-L_{90} = 0.03 \times \mu + 2.87 \times \sigma - 4.13 \pm 0.90$$

$$(\rho = 0.95) \quad (10.d)$$

8. CALCULO DEL TNI

El TNI relaciona la dispersión con el ruido de fondo, dependiendo de la media y del desviación, su expresión es:

$$\text{TNI} = 4 \times (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (11.a)$$

El primer término representa la variabilidad del clima de ruido ponderado por el factor 4, con el fin de tener en cuenta el incremento del nivel de ruido sobre el de fondo; el tercer término es un factor corrector que sirve para centrar los valores en el margen usual. Calculando este índice como función exclusiva de la mediana se obtiene:

$$\text{TNI} = 1.12 \times L_{50} + 13.88 \pm 19.48 \quad (\rho = 0.42) \quad (11.b)$$

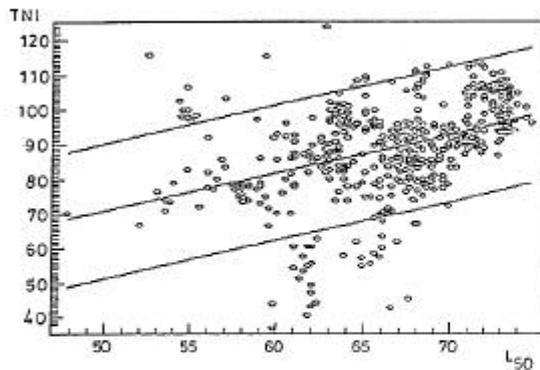


Figura 7. TNI como función del L_{50} .

En la FIGURA 7 se muestra la expresión (11.b). El escaso coeficiente de correlación es debido a la gran influencia que tiene la desviación. Ampliándola con este parámetro se obtiene:

$$\text{TNI} = 1.01 \times L_{50} + 10.15 \times \sigma - 0.007 \times \sigma^2 - 37.82 \pm 3.06 \quad (\rho = 0.98) \quad (11.c)$$

en función de la media:

$$\text{TNI} = 1.09 \times \mu + 9.99 \times \sigma - 0.004 \times \sigma^2 - 42.18 \pm 3.03 \quad (\rho = 0.98) \quad (11.d)$$

nuevamente, la contribución del término en σ^2 puede despreciarse, resultando:

$$\text{TNI} = 1.08 \times \mu + 10.07 \times \sigma - 42.33 \pm 3.03 \quad (\rho = 0.98) \quad (11.e)$$

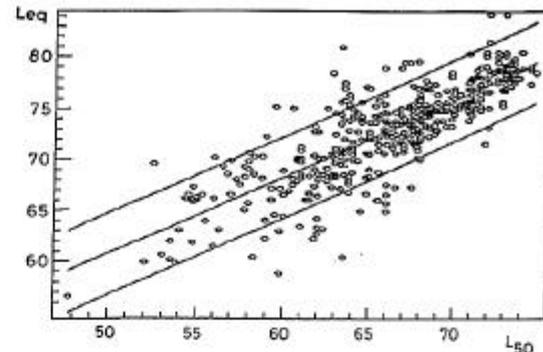


Figura 8. Nivel sonoro equivalente en función de L_{50} .

9. CALCULO DEL L_{eq}

El L_{eq} es el más importante de todos los parámetros, ya que indica el nivel energético sonoro medio emitido. Si los datos se ajustasen a una distribución normal, podría evaluarse mediante la expresión:

$$L_{eq} = L_{50} + 0.015 \times \sigma^2 \quad (12.a)$$

En la FIGURA 8 se ha representado el nivel equivalente en función de la mediana, respondiendo a la expresión que se muestra a continuación.

$$L_{eq} = 0.76 \times L_{50} + 22.77 \pm 3.98 \quad (\rho = 0.84) \quad (12.b)$$

La consideración de la desviación en el análisis de regresión, ofrece el siguiente resultado, que presenta un notable incremento del coeficiente de correlación:

$$L_{eq} = 0.74 \times L_{50} + 1.75 \times \sigma - 0.05 \times \sigma^2 + 15.60 \pm 3.19 \quad (\rho = 0.9) \quad (12.c)$$

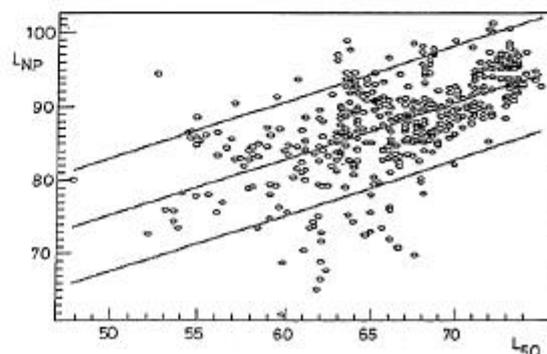


Figura 9. Nivel de contaminación sonora en función del L_{50} .

En función de la media se tendrá:

$$L_{eq} = 0.8 \times \mu + 1.58 \times \sigma - 0.035 \times \sigma^2 + 11.87 \pm 3.01 \quad (\rho = 0.91) \quad (12.d)$$

Las dos expresiones siguientes muestran el L_{eq} en función de μ , σ y σ^2 :

$$L_{eq} = 0.81 \times \mu + 1.21 \times \sigma + 12.49 \pm 3.01 \quad (\rho = 0.91) \quad (12.e)$$

$$L_{eq} = 0.82 \times \mu + 0.107 \times \sigma^2 + 14.72 \pm 3.05 \quad (\rho = 0.91) \quad (12.f)$$

Así pues, la introducción del término cuadrático, hace que, aunque imperceptiblemente, disminuya el coeficiente de correlación.

10. CALCULO DEL L_{NP}

El nivel de polución sonora pretende agrupar en una sola unidad de evaluación los diferentes criterios de medida de ruido ambiental, para obtener el grado de molestia producido. Su expresión es la siguiente:

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56 \times \sigma \quad (13.a)$$

La expresión que relaciona este índice con la mediana es:

$$L_{NP} = 0.77 \times L_{50} + 36.72 \pm 7.75 \quad (\rho = 0.62) \quad (13.b)$$

En la FIGURA 9, se ha representado la expresión (13.b), presentando un relativamente bajo coeficiente de correlación. Esto es debido, fundamentalmente, a que esta expresión depende de la desviación, al igual que el nivel equivalente, motivando que dicha expresión sea sólo aproximada.

Como función del L_{50} , adopta la forma:

$$L_{NP} = 0.72 \times L_{50} + 4.42 \times \sigma - 0.06 \times \sigma^2 + 16.27 \pm 3.26 \quad (\rho = 0.95) \quad (13.c)$$

y en función de la media:

$$L_{NP} = 0.79 \times \mu + 4.26 \times \sigma - 0.045 \times \sigma^2 + 12.58 \pm 2.98 \quad (\rho = 0.95) \quad (13.d)$$

mostrando una escasa relevancia del término cuadrático:

$$L_{NP} = 0.79 \times \mu + 3.77 \times \sigma + 13.39 \pm 3.02 \quad (\rho = 0.91) \quad (13.e)$$

11. CONCLUSIONES

De la observación de las distribuciones de niveles de ruido obtenidas, se deduce la validez relativa de su aproximación a una distribución normal o guassiana, avanzando en este aspecto, se ha evitado la consideración de esta distribución típica, analizando los diferentes parámetros acústicos.

Tabla I

Parámetro	Coficie. en μ	Coficie. en σ	Término indepemd.	Margen de error	ρ
L_{10}	0.98	1.49	0.79	0.76	0.98
L_{50}	1.058	-0.007	-3.62	0.69	0.99
L_{90}	0.95	-1.38	4.93	0.90	0.96
L_{eq}	0.81	1.21	12.49	3.01	0.91
NC	0.03	2.87	-4.13	0.90	0.95
TNI	1.08	10.07	-42.33	3.03	0.98
L_{np}	0.79	3.77	13.39	3.02	0.91

cos en función de la media y la desviación. Ya que en estos casos la correlación aumenta considerablemente.

En general se puede prescindir de los términos cuadráticos de la desviación debido a su escasa relevancia, ya que como puede observarse en todos las distribuciones obtenidas la desviación es inferior a 10 dBA ($\sigma < 10$). En particular, en la expresión (7,b) se puede prescindir, incluso, del término lineal.

Cabe recordar que el margen de error previsto, se refiere en todas las expresiones a una precisión del 90%.

La necesidad de considerar a la desviación de la muestra como una variable determinista para

los distintos niveles estadísticos, se desprende fácilmente del hecho, de que salvo para el caso de la relación media-mediana, los coeficientes de correlación se incrementan sustancialmente. Por otro lado, puesto que interviene en las expresiones de los distintos parámetros acústicos la desviación, parece más lógico utilizar como variable la media frente a la mediana, lo cual queda corroborado por los resultados obtenidos.

En la TABLA I se muestra un resumen de los coeficientes de las expresiones propuestas, junto a los coeficientes de correlación y los diferentes márgenes de error para una precisión, como ya se ha indicado, del 90%.

REFERENCIAS

- (1) Norma Básica de Edificación. "Condiciones Acústicas en los edificios". NBE-CA-82. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- (2) Nelson, P.M., "The combination of noise from separate time varying sources". Applied Acoustics, (6), 1973, p.p. 1-21.
- (3) Gordon, C.G., Galloway, W.J., Kugler, B.A., Nelson, D.L., "Highway noise. A design guide for highway engineers". NCHRP. Report 117.