

Evolución temporal del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid

Dr. José Ignacio Sánchez Rivera
Dr. Julio González Suárez
E.T.S. de Arquitectura de Valladolid

La ciudad de Valladolid (España), está situada en el centro de la Meseta Norte de la Península Ibérica. Su situación geográfica privilegiada y su reciente auge comercial e industrial han hecho de Valladolid un importante centro de comunicaciones a nivel regional y nacional, alcanzando recientemente el medio millón de habitantes. Sus graves problemas de ruido y contaminación han llegado a preocupar gravemente a la población.

El objetivo de este trabajo es conocer la evolución temporal del ruido de la ciudad en cualquier punto en el que no existan fuentes puntuales circunstanciales. Para ello se realizaron dos campañas de medida:

La primera consistió en medir el ruido en un sólo punto de la ciudad, medida que a su vez se desarrolló en dos intervalos de tiempo muy diferentes. En un primer caso se midió

INDICE I	VARIABLE Y(I)	PERIODO
2	0,349	24 horas
4	0,087	12 horas
6	0,011	8 horas
1708	0,014	1.69 min.
1709	0,033	1.69 min.
1710	0,026	1.68 min.
1711	0,010	1.68 min.
1742	0,019	1.65 min.
1744	0,053	1.65 min.
1746	0,024	1.65 min.

Tabla I. Períodos más representativos de los valores de L_{eq} obtenidos cada 15", durante 48 horas, en la estación de Avd. de Salamanca, mediante F.F.T.

el L_{eq} de 15" durante 48 horas (medida que denominaremos de **ciclo corto**) y a continuación (en **ciclo largo**) se midieron los percentiles del Nivel Sonoro L_{10} , L_{50} y L_{90} , el Nivel medio (L_{medio}), la desviación típica (σ), y el L_{eq} en periodos de 30' durante 17 días. Con ello se trató de

determinar el tiempo de muestreo mínimo con el que se abarcarían los periodos más representativos.

En la segunda campaña de medidas, realizada posteriormente, se midió en varios puntos distribuidos por toda la ciudad.

Instrumental utilizado

El instrumental utilizado para efectuar las medidas fue el Analizador Estadístico de Ruidos 4427 de Brüel & Kjær con Micrófono de Exteriores modelo 4921 B & K. Este analizador tiene la posibilidad de calcular los parámetros estadísticos que describen el ruido conforme a una programa-

INDICE I	VARIABLE Y(I)	PERIODO
2	0,077	7 días
4	0,032	3.5 días
14	0,641	1 día
28	0,119	0.5 días

Tabla II. Períodos obtenidos mediante F. F. T. para los valores de L_{eq} tomados cada 30', durante 17 días, en la estación de Avd. de Salamanca.

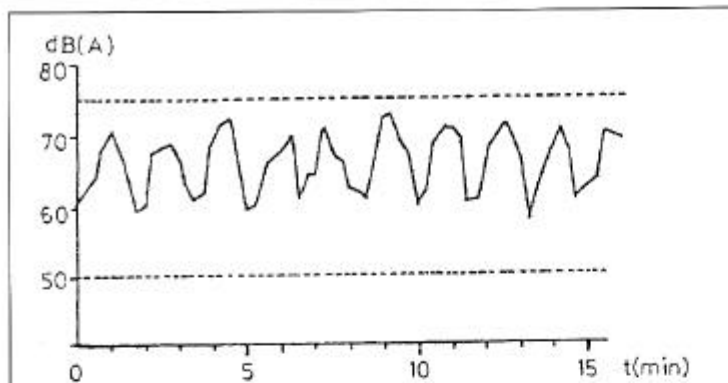


Figura 1. Representación gráfica del L_{eq} (medido cada 15") frente al tiempo en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avd. de Salamanca). La medida representada se tomó a partir de las 13h 45 min.

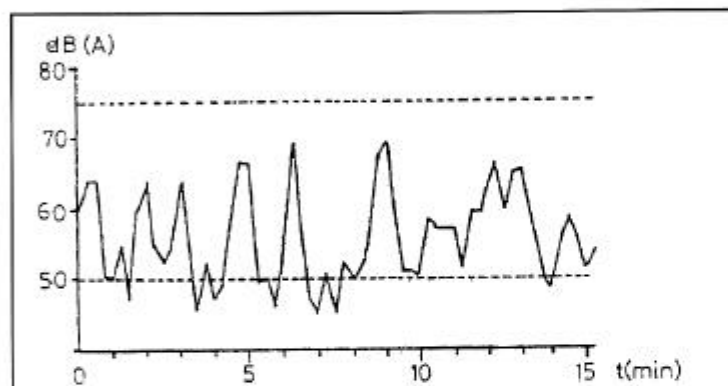


Figura 2. Representación gráfica del L_{eq} (medido cada 15") frente al tiempo en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avd. de Salamanca). La medida representada se tomó a partir de las 1h 45 min.

ción a diseñar por el usuario. Todas las medidas han sido realizadas en decibelios con ponderación A.

Se recogieron los datos de salida, a través de un bus de interface, en un ordenador HP-85B de Hewlett-Packard allí donde fue posible su traslado.

Desarrollo de las campañas

La primera campaña de recogida de datos, además de determinar el intervalo de tiempo mínimo que debería estar en funcionamiento una estación de medida en

un determinado punto de la ciudad para abarcar los periodos más representativos, tuvo por fin encontrar en qué intervalos de tiempo se deberían realizar los muestreos para que fueran comparables los de unos puntos

con otros, aunque fueran de medias realizadas en distintos días.

El lugar elegido como Estación Piloto fue la terraza de la propia Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, sita en la Avenida de Salamanca s/n. Desde la azotea del edificio, a unos 15 metros sobre el nivel del suelo, se tiene vista directamente sobre un vial de circulación, la Carretera Nacional Burgos-Portugal, con cuatro carriles, dos en cada sentido. Por estar situada la Escuela en una amplia zona de carácter residencial (Barrio de la Huerta del Rey), no se producen ruidos industriales ni de otra índole que pudieran ser significativos frente a los ruidos de tráfico de las inmediaciones, ni se recibe, en la terraza, ruido de pasillos, aulas, etc, de otros puntos de la Escuela, por lo que la fuente principal es el ruido emitido por los vehículos que circulan por la calzada adyacente.

En la sub-campaña de ciclo corto, se trató de conocer la evolución temporal del ruido en intervalos de tiempo pequeños, donde se verían recogidas las influencias que sobre la fluctuación del nivel de ruidos tienen los semáforos, las arrancadas de vehículos, etc.

La segunda sub-campaña, de ciclo largo, tuvo como fin el conocimiento de fluctuaciones de tipo más general, como son las diarias y semanales. En resumen, se trató de conocer las variaciones del Nivel de ruidos a Pequeña y Mediana Escala en los epígrafes que a continuación se detallan:

INDICE I	VARIABLE Y(I)			PERIODO	
	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{medio}	
2	0,094	0,037	0,036	0,045	7 días
4	0,031	0,022	0,029	0,026	3.5 días
14	0,603	0,652	0,664	0,655	1 días
28	0,131	0,140	0,112	0,130	0.5 días

Tabla III. Periodos obtenidos mediante F. F. T. para los valores de L_{10} , L_{50} , L_{90} y L_{medio} tomados cada 30', durante 17 días, en la estación de Avd. de Salamanca.

1.- Variaciones a Pequeña Escala del Nivel de Ruidos

Se programó el equipo de adquisición de datos para que almacenara los valores del nivel continuo equivalente cada 15 segundos ($L_{eq} 15''$) obteniéndose un total de 11.520 datos. En las figuras 1 y 2 representamos los valores obtenidos durante dos intervalos de tiempo pertenecientes al día y a la noche respectivamente.

Para determinar las periodicidades a las que pudieran estar sometidos los valores del L_{eq} , se trasladaron los datos al ordenador VAX 11/780, siendo analizadas mediante Transformada Rápida de Fourier (IMSL library). En la tabla I se exponen los índices de frecuencias más significativos. En esta tabla se especifican las periodicidades, en tiempo, a que corresponden los distintos índices.

De esta manera, se aprecia en primer lugar la periodicidad de 24 horas (diaria), y 12 horas (semi-diaria). A continuación, una serie de periodicidades menores, en torno a 1.65 minutos, que se deben, tal y como se puede comprobar en la figura 1, a la regulación que impone sobre el tráfico el semáforo de la Avda. de Salamanca, cuyo tiempo de apertura es ligeramente superior al minuto y medio.

Aparecen otras periodicidades menos significativas que no han sido reflejadas en la tabla, situadas en las 8 y las 6 horas de período, debidas a

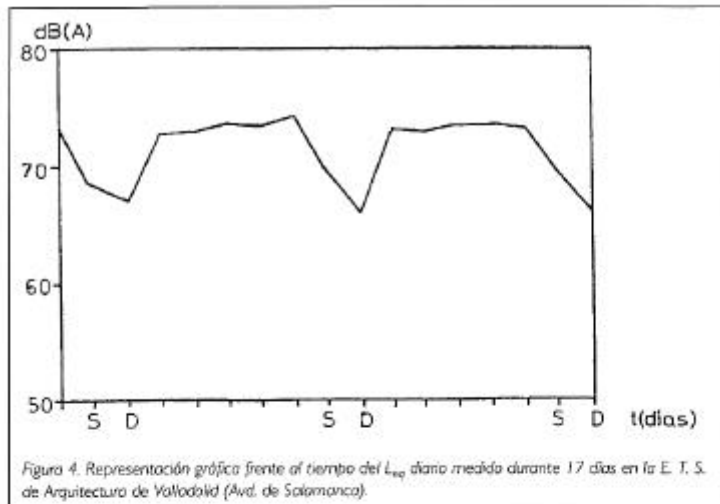


Figura 4. Representación gráfica frente al tiempo del L_{eq} diario medido durante 17 días en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avda. de Salamanca).

distintos hábitos laborales y de movilidad de la población, difíciles de precisar.

A la vista de tales resultados, y ante la importancia del período diario, claramente determinado, se optó por la medida durante un período de tiempo mayor de 24 horas, donde pudieran ponerse de manifiesto, además de esta periodicidad de 24 horas, otras que no han quedado reflejadas en la medida a Pequeña Escala.

2.- Variaciones a Mediana Escala del Nivel de Ruidos

Para el estudio de este apartado se realizó en el mismo lugar una campaña de 17 días consecutivos, en los que se obtuvieron datos cada 30'.

Los parámetros seleccionados fueron el L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{medic} , σ y L_{eq} de esa media hora de medidas. La estación se mantuvo funcionando ininterrumpidamente durante día y noche en los 17 días, entre los que figuraban 3 fines de semana, sin ningún festivo entre semana. De este modo se pretendió poner de manifiesto la posible diferencia entre los días de la semana, en cuanto a nivel de ruidos se refiere.

Los datos del Nivel Continuo Equivalente, L_{eq} , se recogen en la figura 3 que, por la característica forma que presenta, llamaremos "onda de ruido".

Interesa conocer, en primer término, si hubiera alguna diferencia entre los valores de un día laborable con un festivo y si esas diferencias, de

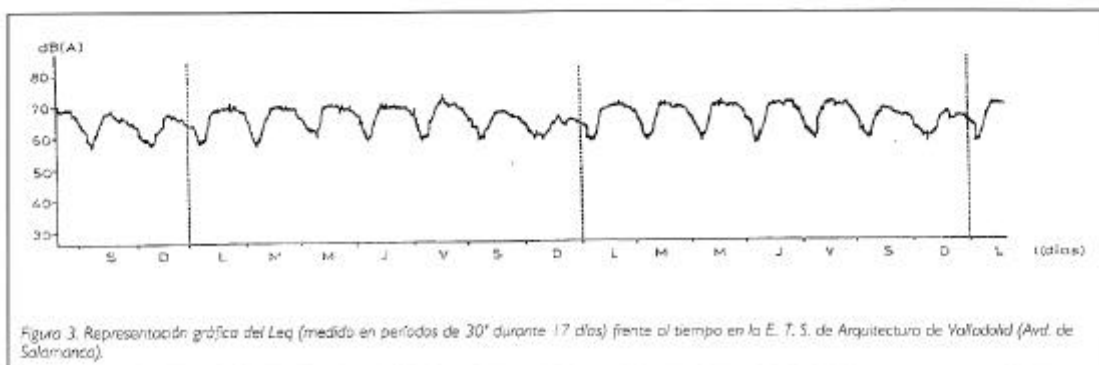


Figura 3. Representación gráfica del L_{eq} (medido en períodos de 30' durante 17 días) frente al tiempo en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avda. de Salamanca).

existir, son solamente del Nivel Continuo Equivalente de 24 horas (L_{eq} diario), o si hay también diferencias entre los valores comparando uno a uno los emitidos a una misma hora en diferentes días. En resumen, si no sólo varía el Nivel Continuo Medio Diario, sino también la forma de la "onda" diaria de Nivel Continuo Equivalente.

Con esta intención se calculó, en 1º lugar, el L_{eq} de cada día de los 17 días de campaña, que se representa en la figura 4 en la que resultó que sábados y domingos el nivel desciende apreciablemente frente al L_{eq} del resto de los días de la semana en los que, además, tiene un valor prácticamente constante.

Pero es necesario analizar si los días laborables de la semana, de lunes a viernes, son equivalentes no sólo porque su L_{eq} sea el mismo, sino además porque la distribución de los valores a lo largo del tiempo también sigue una evolución similar. Es preciso, pues, analizar la periodicidad de la onda de ruidos para los días laborables.

Se han correlacionado los días laborables consigo mismos, de modo que se han superpuesto los valores que dan la onda de ruidos con los mismos valores trasladados en el tiempo. En un primer cálculo, se realizó esta traslación en intervalos de tres horas, obteniendo las figuras 5, en las que en la parte inferior derecha aparece rotulada la ecuación de la recta que ajusta la distribución de puntos y el índice de correlación, R, o autocorrelación.

Del estudio de este índice R, podemos extraer que la correlación pasa, del 100% para la traslación cero, a unos valores mínimos entorno al 15%, para alcanzar un 95% cuando la traslación ha sido de 24 horas. Por lo tanto la onda tiene una periodicidad diaria. Es preciso comprobar si son también comparables con los obtenidos 48 ó 72 horas más adelante, etc, para lo cual se correlacionó la

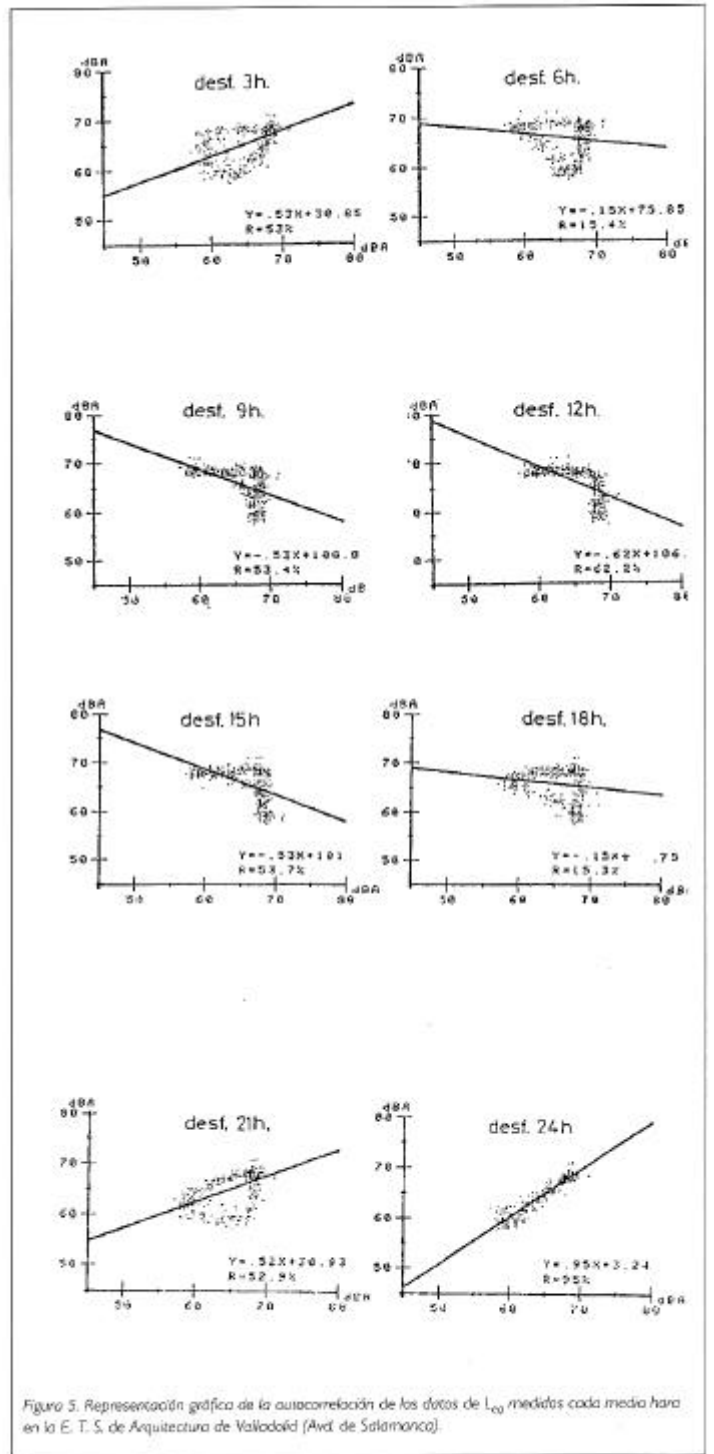
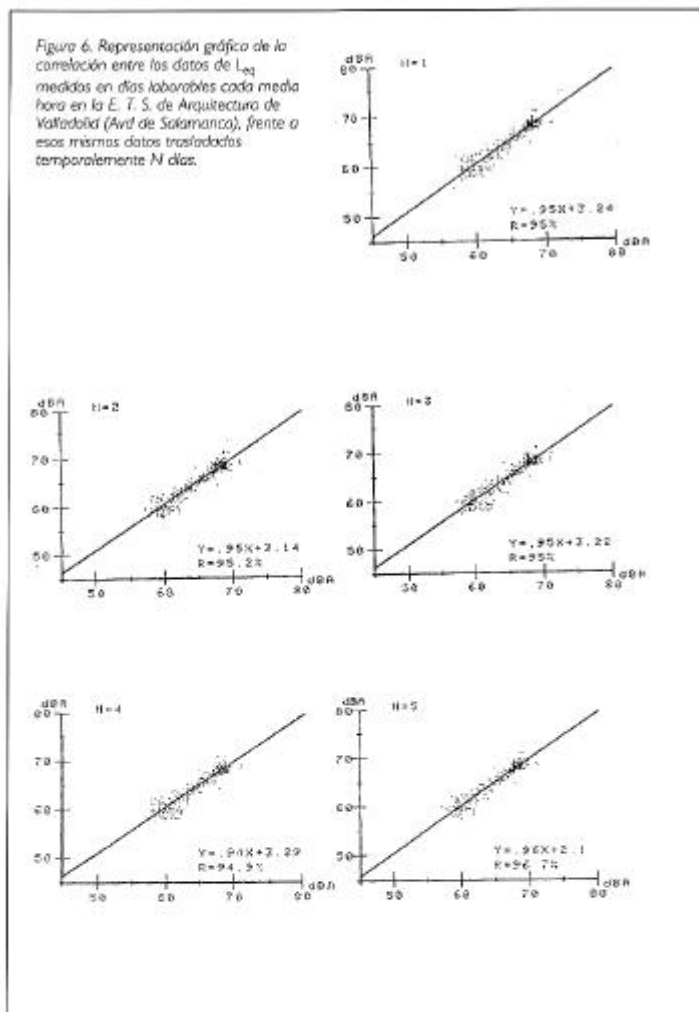


Figura 6. Representación gráfica de la correlación entre los datos de L_{eq} medidas en días laborables cada media hora en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avd. de Salamanca), frente a esos mismos datos trasladados temporalmente N días.



onda consigo misma trasladada en intervalos de días enteros.

Estos resultados se muestran en las figuras 6, en las que se indica el número de días laborables (de lunes a viernes) que se ha trasladado la onda para correlacionarla consigo misma. El índice de correlación, R , según se aprecia, es de orden similar en todos los casos, pues su valor oscila entre el 94.9 y el 96.7% (para 480 puntos).

Esto significa que la forma de la onda, a lo largo de los días de la semana, no ofrece variación significativa. El in-

dice alcanza un valor ligeramente superior (96.7%), cuando se superponen los días laborales trasladados cinco jornadas, es decir lunes sobre lunes, etc, pero las diferencias entre los restantes días de la semana no han resultado significativas (al nivel de 0.05).

Se estableció también una correlación entre los fines de semana, sábados y domingos, y los días de diario. Como diario se tomó un día medio, obtenido por el cálculo del L_{eq} para cada media hora con los datos de todos los días de diario en esa media hora. Los resultados de

estas correlaciones se exponen en la figura 7. En los sábados se observa que el índice de correlación ha descendido hasta el valor de 92.1%, que resulta diferente al índice de los diarios entre sí al nivel de 0.05, por lo que se puede afirmar que la forma de la onda respecto a la de un día de entre semana ha variado. Más alejado de los días de diario, tanto en su nivel como en su forma, están las jornadas dominicales, pues el índice de correlación es tan sólo del 74%, que es significativamente distinto del índice de los sábados al nivel 0.05.

Con el objeto de encontrar otras periodicidades, se realizó un análisis mediante F.F.T. encontrándose, como se indica en la tabla II, que la principal periodicidad era la diaria, que ya fue detectada por el procedimiento de las autocorrelaciones, y una periodicidad de 12 horas, que también apareció en el análisis del L_{eq} de 15 segundos.

La periodicidad de 12 horas, según se puso de manifiesto con las autocorrelaciones del L_{eq} de 15", aparece muy poco diferenciada de los valores adyacentes, en cuanto al valor de R , lo cual, unido a la forma de la nube de puntos ajustada por la recta en la figura 5 hace pensar que se trate de un armónico de la periodicidad diaria. En cuanto a la periodicidad semi-semanal, se ha de tratar de un armónico de la periodicidad semanal, pues no es posible asimilar tal período a un lapso de tiempo en el que la actividad humana tome una actitud determinada.

Se ha aplicado el mismo estudio con los L_{medio} y los percentiles L_{10} , L_{50} , L_{90} , obteniéndose que la periodicidad diaria y la semi-diaria eran las más importantes para todos ellos (ver tabla III). En cuanto a las periodicidades secundarias, para varios días, se obtuvo, igual que para el L_{eq} el semanal como período más importante, detectándose también el período de media semana. Para las

período de media semana. Para las periodicidades semi-diaria y semi-semanal caben los mismos comentarios que se han hecho en el párrafo anterior.

En conclusión, se infiere que la onda que constituye la variación con el tiempo del ruido del tráfico en la Avda. de Salamanca muestra principalmente una periodicidad diaria. Los días laborales son del mismo Nivel Continuo Equivalente, considerado diariamente o dato a dato (cada media hora) y son distintos, tanto en Nivel como en la forma diaria, a los sábados y domingos.

Si se desea extrapolar estos resultados a toda la ciudad, para medir

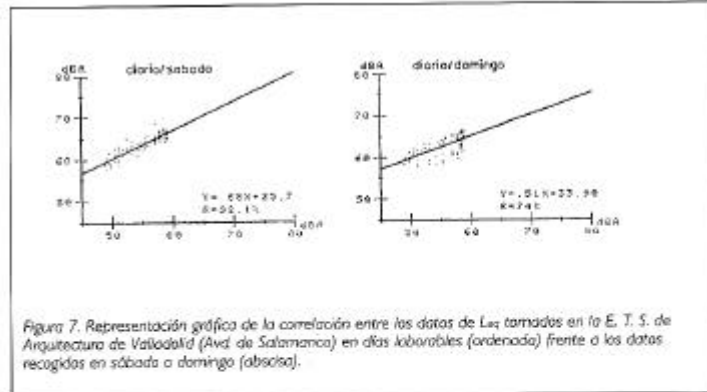


Figura 7. Representación gráfica de la correlación entre los datos de L_{eq} tomados en la E. T. S. de Arquitectura de Valladolid (Avda. de Salamanca) en días laborales (ordenada) frente a los datos recogidos en sábado o domingo (abscisa).

ruidos que tienen como fuente principal el tráfico rodado, se puede asumir que los datos tomados en días la-

borables serán todos similares entre sí y, por tanto, bastará con realizar la medida sobre períodos de 24 horas entre semana, cualquiera que sea el día. Sin embargo, para evitar la influencia que pudiera tener la aparición de cualquier fuente de ruido ocasional se amplió el período de toma de datos a 48 horas.

3.- Evolución temporal del ruido de tráfico sobre la ciudad de Valladolid

Para conocer la evolución de los niveles de ruido en la ciudad se efectuó el muestreo de 30 puntos dispersos sobre el área urbana. Dichos puntos fueron elegidos después de hacer un análisis urbanístico de la ciudad, tratando de que contemplaran todas las posibles situaciones de ruido derivadas del tráfico.

3.1 Características generales del muestreo

Se tomaron medidas durante intervalos de 48 horas en cada punto. La periodicidad diaria se ha detectado también en las medidas realizadas, pues al realizar el análisis de Fourier (FFT) en todas ellas aparece la periodicidad de 24 horas y las de 12 horas.

En los gráficos de las figura 8 representamos los valores obtenidos en una de ellas tomada al azar. A partir

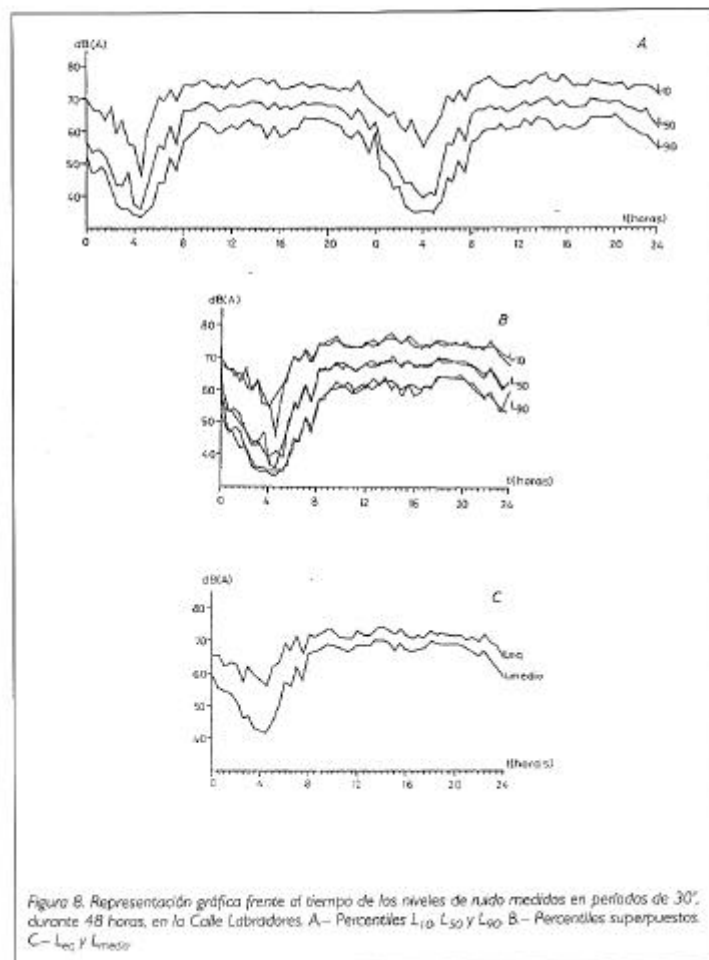


Figura 8. Representación gráfica frente al tiempo de los niveles de ruido medidos en períodos de 30', durante 48 horas, en la Calle Labradores. A.- Percentiles L_{10} , L_{50} y L_{90} . B.- Percentiles superpuestos. C.- L_{eq} y L_{meso} .

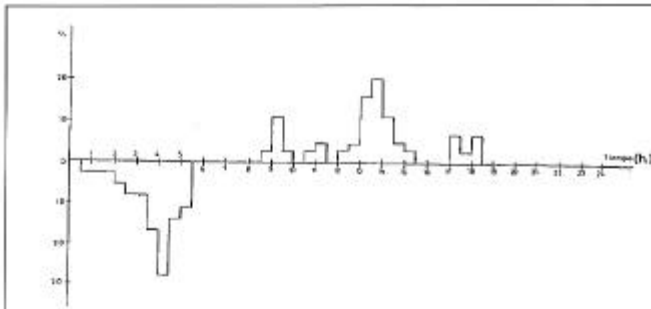


Figura 9. Distribución porcentual de la hora de ocurrencia de máximo (valores positivos) y mínimo (valores negativos) de L_{eq} para el conjunto de las 30 estaciones de medida distribuidas sobre la ciudad de Valladolid.

de estos gráficos se comprueba visualmente la periodicidad, pues entre dos días consecutivos superpuestos la diferencia es mínima, salvo fenómenos ocasionales. Teniendo en cuenta esa semejanza entre los valores diarios, se representa en la figura 8C un sólo valor diario de L_{medio} y L_{eq} , que resulta de la composición de los valores, ya realizando la media aritmética, ya la suma de intensidades respectivamente.

A partir de estas gráficas del L_{eq} y L_{medio} , junto con las de percentiles, podemos extraer unas características generales acerca de la evolución del Nivel Sonoro que se encuentran para la práctica totalidad de las estaciones de muestreo. Como características generales destacamos la existencia de un intervalo de tiempo, que abarca aproximadamente desde las 8 a las 20 horas por lo general, en el que el Nivel de Ruido se mantiene constante en torno a un valor máximo. A partir de las 20 horas el Nivel desciende casi continuamente hasta alcanzar su valor mínimo hacia las 4-4.30 horas. Desde ese momento se observa un incremento paulatino hasta las 8 horas, en que se repite el ciclo.

A partir de los valores del L_{medio} y σ , se ve que la desviación típica es siempre máxima cuando los valores de L son mínimos, y viceversa, para todas las estaciones de medida.

Ello se ha de deber a que el tráfico que provoca la aparición de mínimos de Nivel Sonoro es de condición más inestable, y se deben, por lo tanto, a situaciones de tráfico más irregular.

3.2 Evolución del ruido diario en el conjunto de la ciudad

En cuanto a la hora concreta de aparición de L_{eq} máximo y mínimo, representado las frecuencias de la hora de aparición en la figura 9 observamos que el mínimo se sitúa en torno de las

4.30 horas, mientras que la hora de aparición del máximo L_{eq} presenta un perfil mucho más complejo, distribuyéndose prioritariamente sobre las 14 horas, en tanto que aparecen otras crestas secundarias a las 9.30 horas y entre las 17 y las 18.30.

Este resultado se explica a partir de la forma de la onda diaria de Nivel Continuo Equivalente, L_{eq} , con la región de las 8 a las 20 horas en la que se alcanzan valores elevados (allí donde se encuentran los máximos) que se corresponde con el período de mayor actividad ciudadana. Siendo variable y diversa esta actividad, la aparición del máximo nivel es también variable en ese intervalo de tiempo.

En cuanto a las horas nocturnas, que se representan bajo el eje en la figura, aparece con mayor frecuencia el mínimo en torno de las 4.30 horas, sin máximos secundarios. La falta de complejidad de la distribución se corresponde con el comportamiento más homogéneo de la población durante las horas nocturnas.

Es interesante constatar la relación entre la diferencia máximo-mínimo frente al número de carriles del vial sobre el que se realizó la medida. En la gráfica de la figura 10 ex-

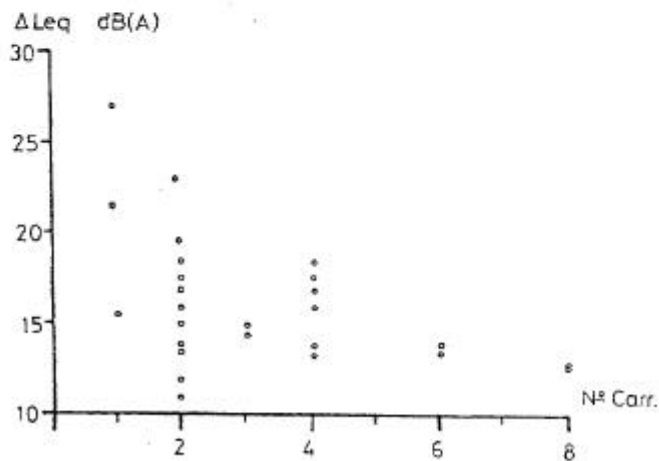


Figura 10. Representación gráfica de la diferencia medida entre L_{eq} máximo y mínimo de cada estación (Δ) en función del número de carriles del vial.

ponemos esta diferencia en función del número de carriles de la calzada, observándose la disminución del Δ en las vías más anchas (con más carriles de circulación), mientras que las mayores diferencias se dan en las vías más estrechas.

La causa de este comportamiento está en el mayor uso de los viales de gran anchura, que son utilizados durante todo el día con regularidad, a tenor de lo que indica la figura, en tanto que las calles estrechas muestran unas características de utilización muy diferentes del día a la noche. Normalmente, las calles de un sólo carril suelen ser estrechas y con edificios de altura diferente que actúan a modo de caja de resonancia, con gran número de reflexiones, lo que origina una mayor permanencia de la energía sonora en el recinto y, con ello, en general el L_{eq} suele ser mayor, aunque no sea mayor el número de focos sonoros (vehículos).

Por el diferente comportamiento del ruido a lo largo de las 24 horas, entendemos que se puede dividir la jornada en tres intervalos de tiempo correspondientes a tres períodos de diferente actividad humana.

El primero abarcaría desde las 23 hasta las 8 horas, intervalo que podríamos llamar de descanso nocturno, que se caracteriza en las gráficas por su perfil en V (como se pudo apreciar en la figura 8) y sus bajos Niveles, finalizando a las 8 horas, en que se alcanza un Nivel prácticamente constante y máximo hasta las 20 horas. Este 2º Período, de 8 a 20 horas, corresponde a las horas de actividad laboral de la población, en general.

En otros países (Alemania, Dinamarca, etc.), se utiliza también una división por períodos del día, haciendo coincidir los extremos de los intervalos con las 7, las 19 y 22 horas. Como se puede comprobar, dichos períodos aparecen 1 hora adelantados respecto a los que hemos elegido para el estudio en Valladolid;

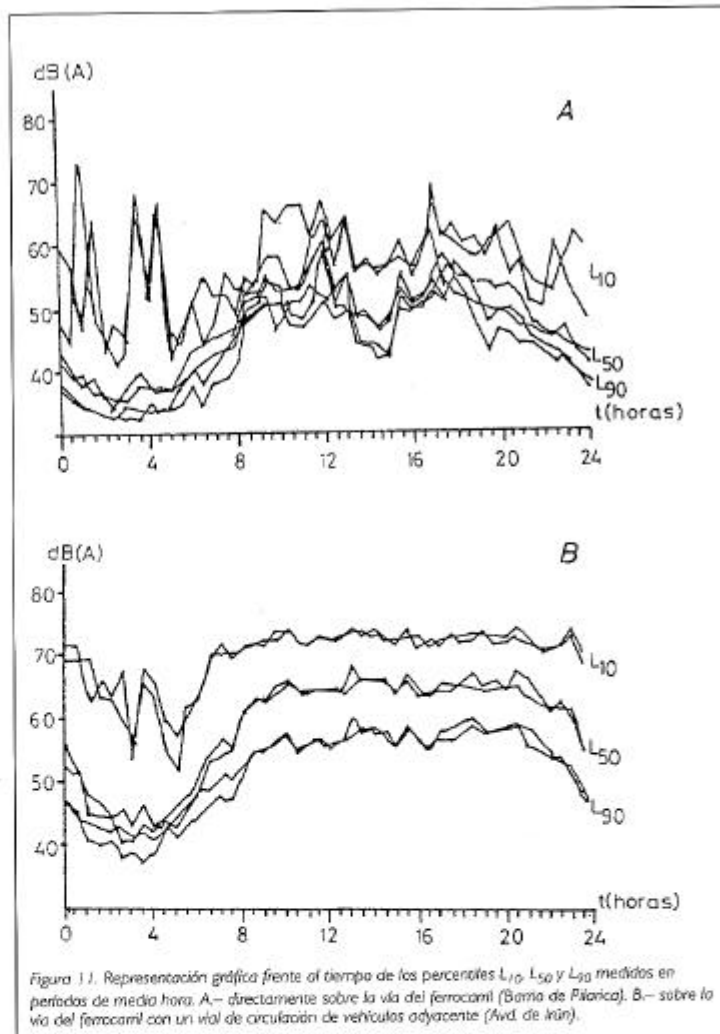


Figura 11. Representación gráfica frente al tiempo de los percentiles L_{10} , L_{50} y L_{90} medidos en períodos de media hora. A.- directamente sobre la vía del ferrocarril (Barrio de Pilarica). B.- sobre la vía del ferrocarril con un vial de circulación de vehículos adyacente (Avd. de Irún).

sin embargo, dicha traslación se hace necesaria, pues el verdadero sentido de esta partición de la jornada es permitir promediar sobre períodos de tiempo que se correspondan con situaciones homogéneas en cuanto a comportamiento de la población generadora de esos Niveles de ruido.

4.- Evolución del ruido originado esencialmente por el ferrocarril

Se han realizado dos medidas de ruidos originados esencialmente por el ferrocarril. Una de ellas midiendo

directamente a diez metros de distancia de la vía (sin interferencia de calles adyacentes) y por otra en la Avd. de Irún, en la que medimos simultáneamente ruido de ferrocarril y de un vial de circulación de vehículos, con dos carriles, adyacente a las vías.

A diferencia de lo expuesto en el apartado anterior, no se ha encontrado la misma periodicidad que se deducía de las otras medidas. Aplicando la FFT resulta que para la medida directa sobre la vía del ferrocarril a la altura del barrio de Pilarica, cuyas gráficas de percentiles aparecen en la

figura 11a, no se extrae ninguna periodicidad significativa. Es muy esclarecedora la comparación de la figura 11b, donde sí que se detectó la presencia de la periodicidad diaria (aunque no la semi-diaria que había aparecido en el resto de la ciudad), con la figura 11a, donde el programa de FFT no encontró periodicidad alguna.

Se observa que la evolución de los ruidos ya no sigue la misma tendencia a mantener un valor constante de 8 a 22 horas, sino que aparecen picos a intervalos de tiempo que son debidos al paso de los convoyes, aunque con algún desfase de uno a otro día (variación en el horario real de los trenes, retrasos, etc.).

En la figura 11a, se observa un perfil crestado durante las 24 horas, suavizado durante las horas diurnas por la superposición del ruido circundante de la actividad urbana (tráfico rodado e industrias). Los profundos valles nocturnos en la gráfica corresponden a intervalos en los que no se registró paso de trenes. Es interesante destacar que los picos son únicamente para el L_{10} , manteniéndose el L_{50} y L_{90} prácticamente constantes, lo que implica la existencia de ruidos de corta duración y gran intensidad, es decir, el paso de un convoy por las vías.

Téngase en cuenta que en los datos relativos a la vía no interviene apreciablemente el ruido de los vehículos, y sin embargo en la Avd. de Irún se superponen los ruidos procedentes del ferrocarril con los de la calle, de manera que de 8 a 22 horas se advierte la tendencia a la horizontalidad, propia de las vías de tráfico de vehículos, que ya ha sido comentada, en tanto que durante la noche aparece el perfil crestado característico del ferrocarril, con sus valles y picos y la gran separación entre los valores de L_{10} y los de L_{50} y L_{90} .

En resumen, las medidas de la estación de Avd. de Irún corresponden a un régimen mixto, en el que en las

horas diurnas existe una situación de predominio, en cuanto a ruidos, del tráfico rodado, en tanto que en las horas nocturnas parece ser determinante la presencia del ferrocarril.

CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio con el fin de determinar la evolución temporal del ruido tomando datos del L_{eq} cada 15" durante 48 horas. Realizando un análisis de FFT resultó que existen, principalmente, una periodicidad diaria del ruido y una semi-diaria, a la vez que la provocada por la regulación semafórica de 1.6 minutos de período en el lugar de medida. Un estudio a meso-escala, midiendo cada 30' durante 17 días seguidos, ha revelado la existencia de una periodicidad semanal, semi-semanal, diaria y semi-diaria, como más significativas, resultando equivalentes en Nivel Sonoro los días laborables de entre semana, lo que permitió decidir acerca de cómo plantear la estrategia en la campaña de medidas.

Los resultados recogidos sobre 32 estaciones de medida en la ciudad

también permiten afirmar que el ruido en las calles para circulación de vehículos tiene periodicidad diaria y semi-diaria en todos los casos, en tanto que no se registra periodicidad alguna en los ruidos provenientes de las Vías de Ferrocarril.

Los niveles medidos en cada estación presentan, por lo general, un máximo diario entre las 8 y 20 horas, período en el que el nivel sonoro tiende a alcanzar valores prácticamente constantes, y un mínimo durante la noche, prioritariamente en torno a las 4 horas. Ello nos induce a una división de la jornada retrasada una hora respecto a la Europea, con período nocturno (de 23 a 8 horas), diurno (de 8 a 20) y un período intermedio de 20 a 23 horas.

Por otra parte, la diferencia entre el máximo y el mínimo medida en cada estación parece tender a disminuir con el incremento del número de carriles del vial en que se practicó la medida. En el ferrocarril, las medidas muestran la aparición de máximos a cualquier hora del día o de la noche, no encontrándose la división en períodos que abarca a las medidas realizadas sobre viales.

BIBLIOGRAFIA

Abdel Alim, O. et al.

"Traffic noise level as a guide for town-planning"
Applied Acoustics, 16, 139-146,
(1983).

Brown, A.L.

"Urban noise surveys"
Applied Acoustics, 20, 23-29,
(1987).

García Mallat, G. et al.

"Algoritmos de clasificación de datos de tráfico para la regulación semafórica de una ciudad"
Aceleración.
Unitat O. de Circulació.
Ajuntament de Barcelona.

Jraiw, K.

"A Computer Model to Assess

and Predict Road Transport Noise in Built-up Areas"
Applied Acoustics, 21, 147-162,
(1987).

Malchaire, J.B., et al.

"Urban noise model"
J. Acoust. Soc. Am. 56 (6), 1811 -
1814, (1974).

Skarlatos, D. et al.

"Noise probability density functions for Poisson Type traffic flow"
Applied Acoustics, 27, 47-55,
(1989).

Spiridonov, V.P., et al.

Tratamiento matemático de datos físico-químicos
Mir, Moscú (1984).